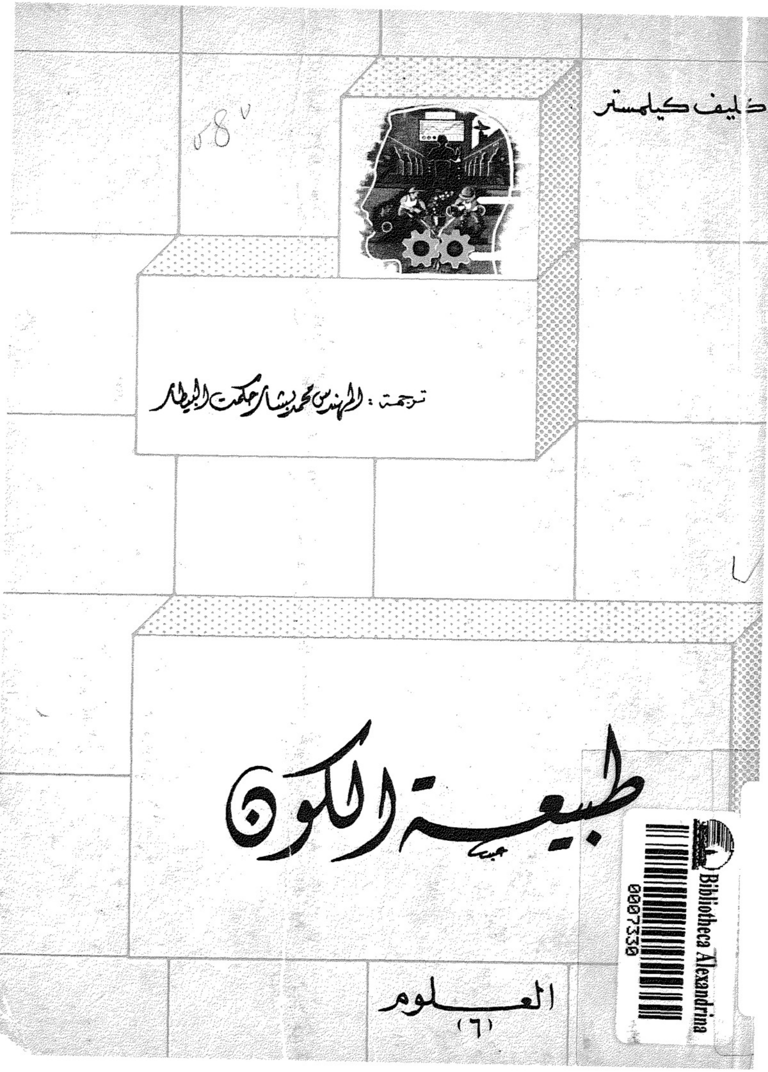


كليف كيلمستر

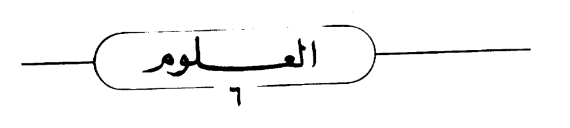
ترجمة : المهندس محمد بشار حكمت البيطار

طبيعة الكون

العلوم
(٦)

الاشراف الفني : زهير الحمو

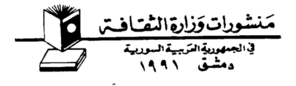
طبيعة الكون


العلوم

كليف كيلمستر

طبيعة الكون

ترجمة : المهندس محمد بشار حكمت البيطار



العنوان الأصلي للكتاب

THE NATURE OF THE UNIVERSE

طبيعة الكون = The nature of the universe / كليف كيلمستر ؛ ترجمة محمد بشار حكمت البيطار . ـ دمشق : وزارة الثقافة ، ١٩٩١ . ـ ٢٥٢ ص. ؛ ٢٤ سم . ـ (سلسلة العلوم ؛ ٦) .

١ ـ ٥٢٣٫١ ك ي ل ط ٢ ـ العنوان ٣ ـ العنوان الموازي ٤ ـ كيلمستر ٥ ـ البيطار ٦ ـ السلسلة

مكتبة الأسد

الايداع القانوني : ع ـ ١١ / ١ / ١٩٩١

مقدمة

دفع حب المعرفة الإنسان منذ القدم لتقصي أسرار الكون المترامي الأطراف مما جعله يتساءل باستمرار عن كل غرابة يشاهدها في السماء فحاول تعليل الظواهر المختلفة بما يتفق مع إدراكه . يتناول كتابنا تطور المنطق الفلكي منذ عصر اليونان ؛ حيث اقترحت مدرسة اليونان مركزاً خاطئاً للكون ظل الناس يعتبرونه صحيحاً حتى ظهور كوبرنيق . أما القفزة الكبرى فقد حققها نيوتن الذي أظهر بأن الجسم يبقى في حالة سكون أو في حالة حركة مستقيمة منتظمة ما لم تؤثر عليه قوة ما . لقد أدى ظهور آينشتاين في القرن العشرين إلى تغيير نظرة الفلكيين إلى الكون فاعتبرت قوانين نيوتن تقريبية لأنها لا تتناول مسألة تحرك الأجسام بسرعة الضوء ولا تتناول مسألة اختيار أطر مرجعة صالحة لمجمل الكون كما أنها لا تتناول أيضاً تأثير المادة البعيدة في حركة الأجسام القريبة .

لقد حاول فلكيو القرن العشرين وضع نظرية كونية شاملة توضح سلوك الكون بنقاطه المختلفة وتطور هذا السلوك ؛ فتضاربت الآراء والمقترحات . لقد بحثوا أيضاً في مسألة موت النجوم . ما الذي يصيب الشمس مثلاً إذا انتهت التفاعلات الحادثة فيها ؟ ستختفي بالطبع القوة النابذه وستسود القوة الجاذبة . فهل سيتقلص حجم الشمس إلى مدى معين أم أنه سيتابع التقلص إلى العدم .

ولا بد من الإشارة إلى أن وصول سفن الفضاء إلى خارج المجموعة الشمسية . والكشف عن أعماق الذرة ومحاولة ايجاد ما يربط بين اللا متناهي في الكبر واللا متناهي في الصغر ، تعد خطوات هامة على الرغم من أنها مهملة بالطبع في درب البحث العلمي الطويل . هذا الدرب الذي ستتابعه أجيال الإنسان المتلاحقة جيلاً بعد جيل ودهراً بعد دهر .

آمل أن يصيب قارئنا العربي قدراً وافراً من المتعة والفائده من هذا المؤلف ويجد فيه جزءاً يسيراً من المعرفة نعزز بها مكتبتنا العربية .

المترجم

الخلفية الرصدية

إن من أكثر الأشياء صعوبة في العلوم الكونية تصور المدى الواسع الذي أنشيء الكون فيه . وللمساعدة في ذلك نستطيع أن نتخيل كتاباً من الكتب كهذا الكتاب الذي بين أيدينا ولكن المقياس الذي ترسم فيه الأشياء يتناقص بمعدل قدره ١٠ من صفحة إلى الصفحة التي تليها . فلنفترض أن المقياس الذي رسمت عليه الأشياء في غلاف الكتاب هو ١ : ١ يمثل هذا الغلاف عندئذ نفسه بصورة دقيقة وعند تقليب الصفحات فان الصفحة الأولى تمثل مساحة تعادل مائة ضعف مساحتها الحقيقية ويمثل ذلك مساحة غرفة ما بصورة تقريبية . إن المقياس على الصفحة الثانية هو ١ : ١٠٠ وستكون مساحة هذه الصفحة كافية لتحتوي واجهة أحد الأبنية . ونستطيع على الصفحة الثالثة ونتيجة لتصغير المقياس بعامل قدره ١٠ أيضاً أن نرسم حقلاً من الحقول أما على الصفحة الرابعة فنستطيع أن نرسم مسقطاً لمدينة صغيرة . وتعتبر الصفحة الخامسة مناسبة لرسم مسقط لطريق في مركز لندن . أما عرض الصفحة السادسة فيمثل طولاً مقداره حوالي مائة ميل ويناسب ذلك بصورة مريحة رسم مدينة لندن بكاملها . وستتسع الصفحة السابعة لرسم خارطة الجزر البريطانية . بدأنا نقترب من الوصول إلى الصفحات التي تمثل أبعاداً فلكية فنستطيع مثلاً على الصفحة الثامنة تمثيل كامل الأرض التي يبلغ قطرها ٧٩٠٠ ميل .

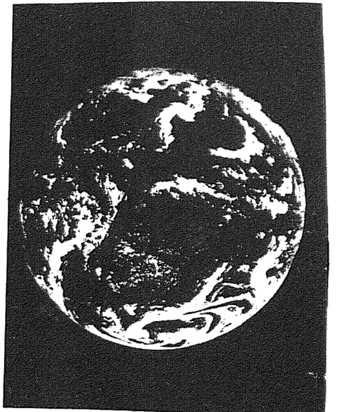
من الآن فصاعداً ستبدو الصفحات أكثر متعة فاذا قلبنا صفحة ثانية ستبدو الأرض فيها كقرص صغير ولكننا لا نستطيع أن نرى سوى الأرض لأن أقرب جيران الأرض إليها وهو القمر يبعد عنها بمقدار يزيد عن ٠٠٠ ١٠٠ ميل وفي الحقيقة فان هذا البعد مساو ل ٠٠٠ ٢١٠ بشكل وسطي . عندما نستمر في التقليب الى الصفحة العاشرة عندئذ نستطيع أن نرى الأرض تدور حول نفسها مرة كل ٢٤ ساعة والقمر الذي يدور حولها مرة كل ٢٨ يوماً مما يشكل منظومة مصغره . وعندما نقلب إلى صفحة جديدة نستطيع أن نرى نظام الشمس والقمر بعشر حجمه السابق ولكننا لا نستطيع أن نرى سواهما بسبب الفراغ الكبير الذي يفصلهما عن أي جسم سماوي آخر . ويستمر هذا المنظر حتى الصفحة الثانية عشرة حيث نرى أجساماً غير مختلفة عن الأرض بمقدار كبير بتركيبها العام ، انها الكواكب الأخرى . وتبدو لنا هذه الأجسام وكأنها تسلك طريقاً معقداً ، والسبب هو أن المقياس الذي ترى فيه هذه الأجسام غير صغير بما فيه الكفاية ليتيح رؤية مداراتها الكاملة . لندع ذلك قليلاً ولنقلب إلى الصفحة ١٣ .

على هذه الصفحة ذات المقياس واحد إلى ألف مليون ؛ نبتديء برؤية صور فلكيه ، فنستطيع أن نرى أقرب النجوم إلينا وهو الشمس الذي يبعد عنا مقدار ثلاثة وتسعين مليون ميل . وإذا وضعنا الشمس في مركز هذه الصفحة أصبح لدينا متسع من الفراغ لتمثيل مدار الأرض حول الشمس الذي تقطعه بحدود ١/٤ ٣٦٥ يوم .

إن الفرق ما بين النجم والكوكب هو أن النجم يطلق اشعاعاً كهرطيسياً وبصورة خاصة على شكل حرارة وضوء وعلى شكل اشعاعات راديويه . أما الكواكب فهي أجسام خاملة نسبياً كالأرض

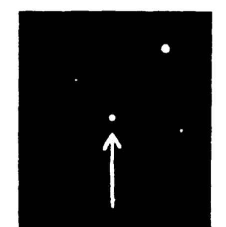
والقمر وهي تدور جميعاً حول الشمس بمدارات شبه دائرية وهي تقع بصورة مميزه كما سنرى فيما بعد في مستوٍ واحد .

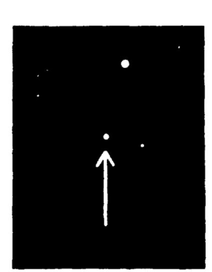
يستغرق عطارد وهو أقرب هذه الكواكب إلى الشمس ٨٨ يوماً ليدور حولها مرة واحدة وهو يسبح في الكون بسرعة ٣٠ ميلاً في الساعة . ولا يمكن لأبعد هذه الكواكب عن الشمس أن يرتسم على الصفحة رقم ١٣ ولكننا على الصفحة رقم ١٤ ستتمكن من رؤية جميع الكواكب بما فيها كوكب بلوتو أبعدها جميعاً عن الشمس إذ يصل بعده إلى ٣,٧٠٠ مليون ميل عنها ويقطع مداره خلال ٢٤٨ سنه ويسبح بسرعة ثلاثة أميال في الثانيه ، الواحدة .



في منطقة صغيرة من المجرة التي تصل أبعادها إلى ١٠٠,٠٠٠ سنة ضوئية والتي هي واحدة من ملايين المجرات في الكون يقع النظام الشمسي حيث تدور الأرض حول النجم المركزي فيه بسرعة ٦٧,٠٠٠ ميل بالساعة حيث أن الأرض هي احدى أصغر الكواكب التسعة في هذا النظام

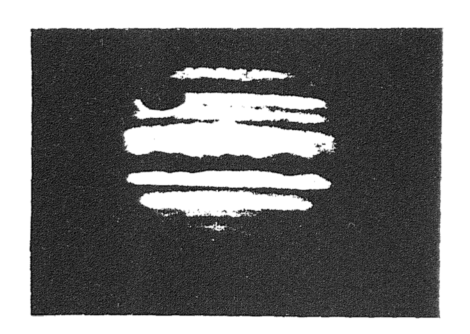
وبالإضافة إلى الكواكب المذكورة هنالك الكثير من الكويكبات السائرة بمعدلات مختلفة حول الشمس بنفس اتجاه الكواكب الرئيسية . إن عدد هذه الكتل الصخرية يجاوز الـ ٣٠ ٠٠٠ ولكننا نعلم المدارات الدقيقة لحوالي ١٥٠٠ منها فقط .



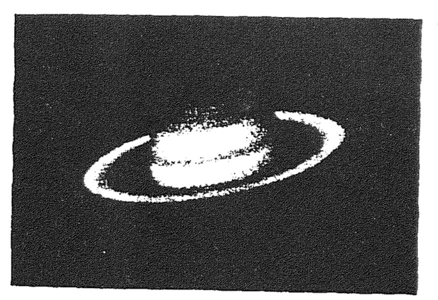


يعد بلوتو من أبعد الكواكب عن الشمس ويرى متحركاً بالنسبة لخلفية من النجوم . أما مداره فيتميز وبصورة غير عادية لأنه قطع ناقص تماماً ويقع تقريباً ضمن مدار نبتون حتى عام ٢٠٠٩ وقد ظن في وقت ما أنه أحد توابع نبتون

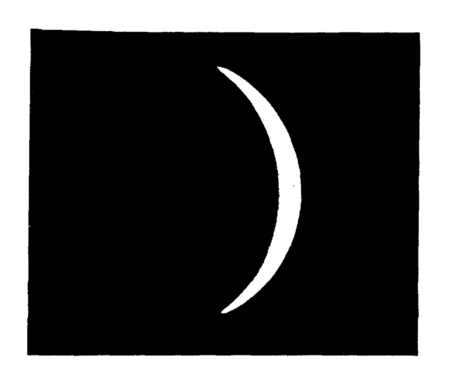
تصبح وحدة الميل هنا غير مناسبة لأن علينا أن نتعامل مع مسافات شاسعة تتجاوز ملايين الأميال وبدلاً من استخدام الأميال فان الفلكيين يفضلون استخدام اصطلاح آخر للمسافة هو المسافة التي يقطعها الضوء خلال زمن معين . وهكذا فانَّ المسافة ما بين الأرض والشمس هي ثمانية دقائق ضوئية ونصف قطر مدار بلوتو ما بين خمس وست ساعات ضوئية .



يظهر في الأعلى كوكب المشتري وهو أكبر الكواكب في النظام الشمسي ويبعد عن الشمس بمقدار ٥٠٠ مليون ميل وإن الأحزمة الملونة وكذلك البقعة الحمراء المشاهدة ربما كانت حاصلة بسبب الغلاف الجوي السام المؤلف من الهيدروجين والميثان والأمونيا



إن حلقات زحل (في المركز) هي في الحقيقة عبارة عن عدد هائل من الأجسام الصغيرة هذه الأجسام ربما كانت بللورات مثلجة أما تابعه الأكبر فهو تيتان وهو أكبر من كوكب عطارد وهو التابع الوحيد المعروف بأن له غلافاً جوفياً



إن مدار كوكب الزهرة (في الأسفل ونحو اليسار) يقع بين الأرض والشمس ولذلك نراه كهلال لامع في اقترابه الأدنى . إن غيوماً كثيفة تغطي سطح الزهرة مما يعرقل دراسته عن قرب



إن القبعة القطبية البيضاء والمناطق السوداء على سطح المريخ (في الأسفل) تتغير بصورة مرئية بتغير الفصول مما يعطي انطباعاً بوجود حياة على سطحه.

والآن ومن أجل الحصول على بعض الأفكار حول مقياس للمسافات لما وراء النظام الشمسي فان علينا أن نقلب بضعاً من الصفحات بعد الصفحة رقم ١٤ . فعلى الصفحة رقم ١٥ سنرى النظام الشمسي وقد انخفض حجمه إلى عشر الحجم السابق ولكن لن يتبدى لنا أي منظر حتى الصفحة الثامنة عشرة . حينئذ ستتمثل مسافات تصل إلى عشر سنين ضوئية وسيتقلص حجم النظام الشمسي إلى حجم بقعة لا يتجاوز قطرها واحداً بالألف من الأنش . هل ترى حينئذ نجوم أخرى بالإضافة إلى الشمس ؟ إن أقرب هذه النجوم هو الظلمان الأدنى (Proxima Centauri) ويبعد عنا بمقدار أربع إلى خمس سنين ضوئية أما نجم الشعرى اليمانية (Sirius) فيبعد بمقدار ثماني سنوات ضوئية ونصف . وهنالك بعض النجوم المتوسطة الخفوت التي يمكن أن ترى بالرصد المتقدم .

وبالتقليب المتتالي للصفحات نستطيع أن نرى نجوماً أكثر فأكثر حتى الصفحة الثانيه والعشرين حيث نرى جميع النجوم التي ترى في ليلة ظلماء صافية ويشمل ذلك بالطبع النجوم التي تشكل الكوكبات المعروفة كبرج الدب الأكبر (Plough) والجوزاء (Orion) .

يستطيع المراقبون في جميع أصقاع الأرض وبالعين المجردة فقط أن يروا ما يقارب من ٦٠٠٠ نجم لكل منها ٠٠٠ ٠٠٠ ١٥ نجم أخفت منها يمكن اكتشافه بوساطة الرصد .

تعد الشمس نجماً من النجوم المتواضعه ، إذ يبلغ قطره مليون ميل وذلك يعادل أربعة أضعاف المسافة بين الأرض والقمر ،أما كتلته فتعادل نصف مليون كتله الأرض وتبلغ درجة حرارة سطحه ٦٠٠٠ درجة

مئوية . ونحن متأكدون من أن الحرارة في الداخل ستزداد بصورة سريعة وإلا لما تمكن هذا النجم من توليد هذا القدر الهائل من الحرارة والضوء . وفي الحقيقة فمن أجل حصول التفاعلات الحرارية النووية الضرورية (والتي تشبه ما يحدث عند انفجار القنبلة الهيدروجينية) يجب أن تتوفر درجة حرارة داخلية وهي . في حالة الشمس . من رتبة ٠٠٠ ٠٠٠ ١٥ درجة مئوية . وتمتلك النجوم بصورة عامة درجة حرارة سطحيه تتراوح ما بين ٣٠٠٠ إلى ٣٠٠٠٠ درجة مئوية .

بالعودة إلى الصفحة رقم ٢٣ نجد أننا أصبحنا قادرين على تمثيل جوارنا من النجوم أو بالأحرى على تمثيل مجرتنا « درب التبانه » . إن شكل المجرة يشبه شكل طبقين تطابقت أحرفهما فشكلا قرصاً اسطوانياً منتفخاً في المنتصف بسبب دوران المجرة . إن جميع النجوم التي نستطيع أن نراها بدون استخدام مرصد متقدم واقعه ضمن هذا القرص الاسطواني ويصل قطر هذه المجرة إلى ٠٠٠ ١٠٠ سنة ضوئيه وسماكتها حوالي ٣٠٠٠ سنه ضوئيه وهي تدور ببطء حول محور يقع على بعد ٠٠٠ ,٣٥ سنه ضوئيه . وتستغرق الشمس زمناً قدره ٢٥٠ مليون سنة لتدور حول هذا المحور المركزي ، وفي ليلة صافيه وبصورة خاصة في الريف ، نستطيع أن نرى هذه المجره « درب التبانة » في كبد السماء ويظهر ذلك على شكل شريط أبيض متوار خلف النجوم الرئيسية ، نرى ضوءه المركز عندما ننظر باتجاه مستوي المجره كنتيجة لتأثير ملايين النجوم الموجودة فيه . إن أغلب هذه النجوم أخفت من أن ترى منفردة بالعين المجردة .

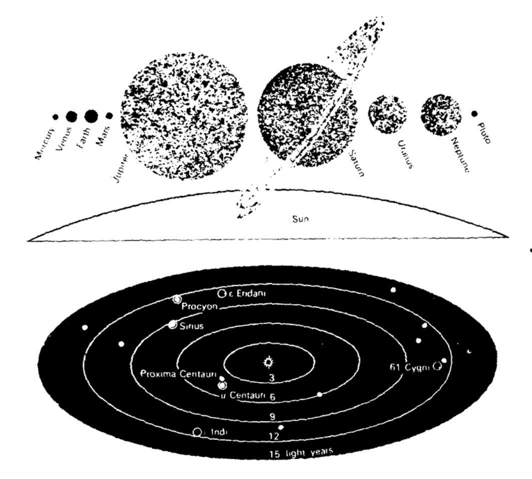
لا تتوزع النجوم توزعاً منتظماً عبر المجرة كما أن تجمع الكوكبات المذكورة سابقاً كان جزئياً بشكل فعلي وجزئياً بشكل غير فعلي بسبب

وقوع بعض النجوم على نفس خط النظر مع نجوم أبعد منها بكثير . وبالإضافة إلى هذا التوضع الزائف تميل النجوم أيضاً لأن تتوضع في تجمعات كروية . وإن أي تجمع منها يتألف من مليون أو أكثر من النجوم وبالنسبة لأي تجمع كروي فان هنالك عدداً لا يستهان به من النجوم المنفردة القريبة .

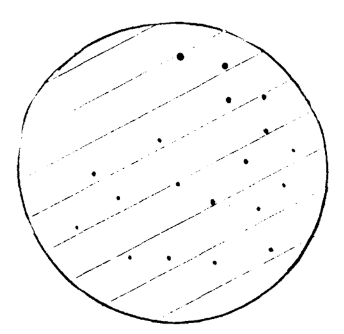
في بداية هذا القرن كنا لا نستطيع أن نقلب إلا عدداً ضئيلاً من صفحات كتاب المقاييس الذي كنا بصدده . وإذا استثنينا تأملات الفلاسفة فقد كان وصف درب التبانه وكأنه التعامل مع الكون بمجمله . لنقلب الآن صفحة واحدة جديدة ! عندئذ سيظهر لنا شيء جديد وممتع - مجرة أو سديم كمجرتنا - نستطيع أن نراها في الليل في تجمع نجوم اندروميدا (المرأة المسلسلة) . تبدو هذه المجرة خافتة بالعين المجردة . ولهذه المجره نفس كتله مجرة درب التبانه وهي قرصية الشكل وتتضمن آلافاً كثيرة بل ملايين من النجوم . ولكن ولحسن الحظ وبدلاً من أن تكون حافتها موجهة إلينا بحيث لا نرى إلا هذه الحافة . مما ينبئنا فقط بالشيء اليسير عنها ، فاننا نرى أن النجوم قد انتشرت في أذرع حلزونية بسبب الدوران .

دعنا نقلب الآن صفحة جديدة وهي الصفحة الخامسة والعشرون . عندئذ نرى مجرتنا والسديم في اندروميدا . وهما ليسا سوى اثنين من سبعة عشر سديماً تشكل تجمعاً يسمى بالمجموعة المحلية . تتحرك هذه السدم هنا وهناك بطريقة عشوائية تماماً . مع العلم بوجود ميل فيها للتراجع . إن بعضاً من هذه السدم مؤلف من النجوم وبعضها الآخر مؤلف ربما فقط من غاز حار . ولا يعد في الحقيقة عدم اكتشافنا لأي

نجم فيها اخفاقاً . كما أن الصفحتين الأخيرتين يمكن أن تعتبرا اضافة مذهلة جرت في مطلع هذا القرن . ولعل من الأمور الأكثر إثارة حقاً أن نقلب صفحة جديدة وهي الصفحة السادسة والعشرون حيث باستطاعتنا أن نرى أشياء تبعد عنا بمقدار أربعين مليون سنه ضوئيه فنرى أقرب تجمع من تجمعات السدم يتحرك عنا بسرعة ٧٠٠ ميل في الثانية..



في الأعلى : القياسات النسبية لعدد من أعضاء نظامنا الشمسي
في الأسفل : عندما نمتد بأبصارنا إلى مسافة ١٥ مليون سنه ضوئيه فاننا نرى أقرب جيران الشمس اليها . من هذه النجوم ما يمكن رؤيته بالعين المجردة منها ما يمتلك درجة حرارة سطحيه مساوية (٣٠٠٠ درجة أو ٤٥٠٠ درجة أو ١٠,٠٠٠ درجة)



عبر الطبقة المشكلة لسطح الشمس الهائجة بسيل من الطاقة المتولدة بانفجار نووي حراري مستمر في المركز تظهر البقع الشمسية وهي مناطق باردة نسبياً وتبدو سوداء أمام الغازات المتقدة

وعندما نتابع التقليب فان أشد ما يدهشنا هو الافتقار إلى الانتظام في الكون . فضمن السدم تكون النجوم غير متوزعة بصورة منتظمة ولكنها تميل لأن تتجمع في تجمعات نجمية مختلفة . وهنالك بالطبع تجمعات نجمية بمقادير أكبر مما يشكل المجرات نفسها . وحتى لو كانت السدم غير موزعة بانتظام فانها تتجمع في مجموعات وإن مجموعتنا المحلية التي تحوي سبعة عشر سديماً يقابلها مجموعات أخرى تحوي قدراً أكبر من السدم قد يصل إلى ألف سديم .

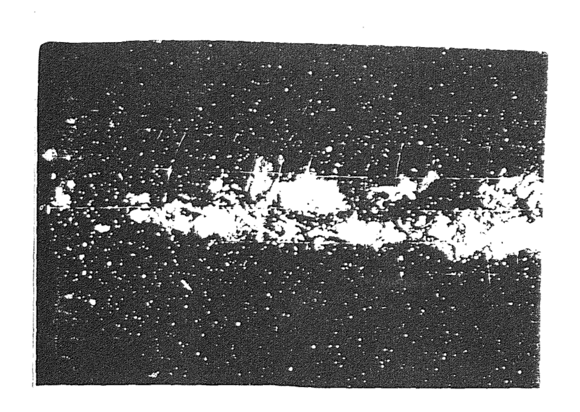
على الصفحة السابعة والعشرين نقترب من طاقة أدق المراصد ، إلى الحدود التي تتوقف عندها أدق هذه المراصد عن تقديم صور مفيدة ، وعلى هذه الصفحة وعلى بعد يقارب ٣٥٠٠ مليون سنة ضوئية ترتسم الصورة التالية : لم تعد مجرتنا فريدة أو نادرة ولكنها مجرد واحدة من

ملايين المجرات الحلزونية كمجرة المرأة المسلسلة « Andromida » أو القرصية كمجرتنا أو التي لها شكل كرة القدم الكروية والمتطاوله إلى غير ذلك من أشكال غير منتظمة أبداً .

وفي الحقيقة لا يوجد حتى الآن أي دليل على أن تجمع المجرات هو في حد ذاته عبارة عن عنصر في تجمع أكبر . ويبدو وكأننا كلما توغلنا في أعماق الكون تبدت لنا تجمعات أخرى من المجرات بطريقة منتظمة تقريباً ومما يدعو للدهشة أننا عندما نراقب السدم البعيدة فاننا نلاحظ أنها تبتعد باستمرار عنا . ومن أجل كل مسافة قدرها مليون سنه ضوئيه تزداد سرعة التراجع بمقدار ١٥٠ ٠٠٠ ميلاً في الساعة . وهكذا توصلنا الصفحة ٢٧ إلى حدود المشاهدة البصرية لأن الضوء القادم من الأجسام البعيدة عليه أن يخترق الغلاف الجوي للأرض حتى يصل إلى مراصدنا . وعندما تكون هذه الأجسام بعيدة جداً عنا سيكون من الصعب علينا تمييز أي شيء بسبب تداخل الضوء القادم من هذه النجوم مع الضوء الذي يسببه الغلاف الجوي للأرض .

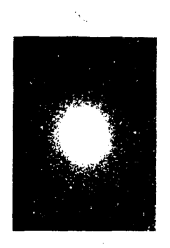
وهكذا فلا توجد بالنسبة للمراصد البصرية أية امكانيه لتقلب أي صفحات جديدة بعد الوصول إلى الصفحة رقم ٢٧ . ربما كان على الإنسان أن يضع مراصده البصرية المتقدمة خارج الغلاف الجوي للأرض . وقد تكون هذه المراصد مركبة على توابع دائرة في فلك الأرض . وفي الحقيقة فمن الطبيعي عدم جدوى استخدام المراصد قليلة القدرة . ويحتاج المرء إلى مناظير لا تقل فتحتها عن ٢٠٠ انش (كمرصد ماونت بالومار — Mount Palomar — في كاليفورنيا) إن الضوء ليس الوسيلة الوحيدة التي يمكن استخدامها اليوم في رصد الفضاء الخارجي . فلقد ذكرنا من قبل أن النجوم ، اضافة إلى اطلاقها ضوءاً وحرارة .

تطلق موجات راديوية . هذه الموجات الراديوية القادمة من الفضاء اكتشفها جانسكي (K.G. jansky) عام ١٩٣٢ ولكن لم يكن بمقدوره تحديد مصدرها .

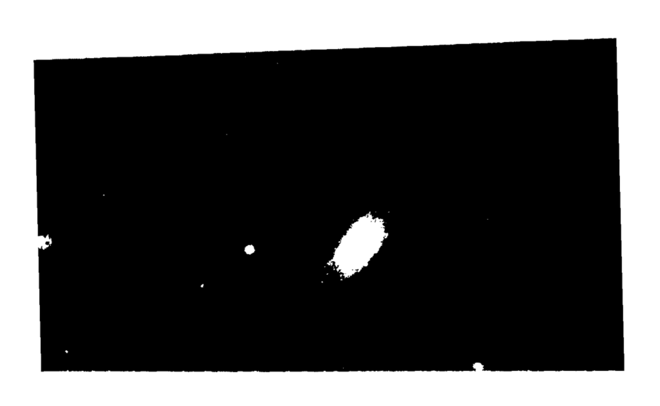


يمثل هذا الشكل منظراً في مجرة درب التبانة التي ينتمي إليها نظامنا الشمسي، كما تبدو على الصفحة رقم٢٣من كتابنا ذي المقاييس المتزايدة تظهر في الشكل مصادر اصدارات الهيدروجين. كما تظهر التجمعات النجمية المفتوحة كذلك النجوم الفتية والنجوم العاتمه. وقد رسم هذا الشكل أول مارسم بدلالة٧٠٠٠نجم معلومة الاحداثيات ثم أضيفت اليه بقية النجوم بدلالة الصور فوتوغرافية ويلاحظ في هذه الصورة وفي أقصى اليسار وتحت المركز تجمع الثريا وسديم المرأة المسلسلة أما المناطق المظلمة في يسار المركز فتمثل غيوماً غامضة في كوكبه الدجاجة وفي برج العقاب وبالاتجاه نحو اليمين ونحو الأسفل نجد غيوم ماجلان . أما فوق درب التبانه فتقع الشعرى اليمانيه والجوزاء .

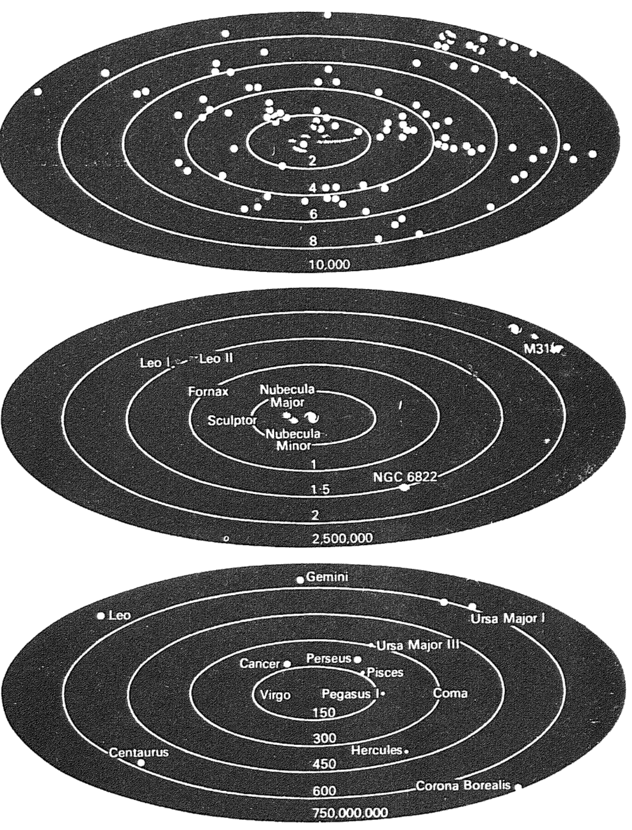
إن التعيين الدقيق لمصدر هذه الموجات يتطلب قدراً كبيراً من التقدم التقني في مجال الإلكترونيات ولم يتم ذلك إلا خلال الحرب العالمية الثانية عندما تمكن هاي وبار سونس وفيلبس (J.H.Hey, sj Parsons, J.W.Phillips) من ايجاد مصدر كثيف للاشعاعات في كوكبة الدجاجة (The constellation Cygnus The Swan) في الحقيقة كان مصدر الاشعاعات هذا أول المصادر المكتشفه ولكنه اليوم ليس وحيداً فقد تم تصنيف آلاف المصادر .



إن التجمعات الكروية كالتجمع المرسوم على الشكل و الموجود في كوكبه سنتوروس « الظلمات » تتألف من عشرات الآلاف من النجوم القريبة من بعضها . إن التجمع المحلي ، وهو تجمع من السدم المحيطه بدرب التبانه والتي تقع في أقصى حد يمكن رؤيته بالعين المجردة ، يحوي مجرات متعددة كمجرة المرأة المسلسلة

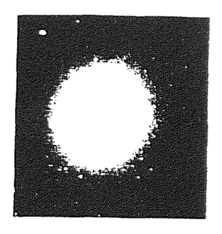


إذا تجاوزنا بأبصارنا ما وراء المجموعة المحلية نجد تجمعات أخرى من المجرات بعضها
كبير ويزيد عدده عن ٤٠٠ وبعضها متوسط وبعضها صغير كمجرتنا لا
يتجاوز تعداده ١٠٠ . إن جميع هذه المجرات تتراجع عنا بسرعة
مقدارها مئات الأميال في الثانية

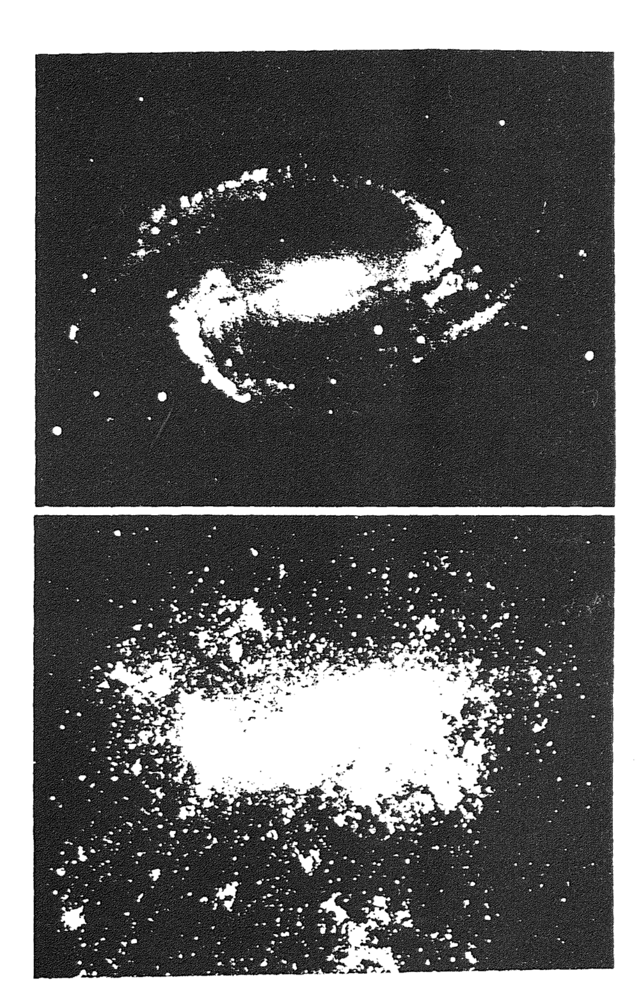


2
4
6
8
10,000
Leo I
Leo II
M31
Fornax
Nubecula
Major
Sculptor
Nubecula
Minor
1
NGC 6822
1·5
2
2,500,000
Gemini
Leo
Ursa Major I
Ursa Major III
Cancer
Perseus
Pisces
Virgo
Pegasus I
Coma
150
300
Hercules
Centaurus
450
600
Corona Borealis
750,000,000

ومن المدهش حقاً أن مصادر الاشعاعات الراديوية قد بدت للوهلة الأولى مستقلة عن مصادر الإشعاعات البصرية وكأن هنالك كوناً مستقلاً يمتلك نجوماً ضوئيه متداخلاً مع كون من المصادر الاشعاعيه .
لقد عين بولتون (Bolton) أول نجم راديوي وهو مصدر موجود فيما يسمى ببرج السرطان الذي هو موضع أهمية بالنسبة للفلكيين حيث ظن هؤلاء بأنه تمثل بقايا انفجار النجم الذي لاحظه الصينيون عام ١٠٥٤. وبالطبع لما كان هذا الانفجار قد جرى في مكان يبعد ٥٠٠٠ سنه ضوئيه فاننا نستطيع القول بأنه قد تم فعلاً بحدود سنه ٤٠٠٠ قبل الميلاد . بالاستناد إلى السجلات في الصين كان هذا الحدث حدثاً كبيراً فقد رؤي في وضح النهار واستمر لبضعة أسابيع وبقي مرئياً بالعين المجردة في الليل لعدة أشهر إلى أن خمد تدريجياً ولكن السديم ما زال يبدو كبقايا مادة منفجرة مضيئة .



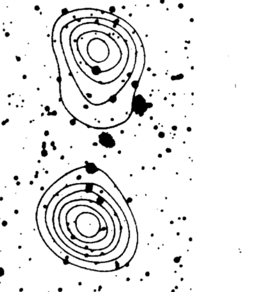
صنف هابل في عام ١٩٢٥ السدم في ثلاثة نماذج حيث يحوي النموذج الأول سدماً تقارب الدائرة أو القطع الناقص في الشكل ويضم هذا النموذج ألمع المجرات وأكثرها كتلة ويقدر عمر هذه المجرات بحوالي أربعمائة مليون سنة أما النموذج الثاني فيحوي سدماً حلزونية ويضم أكثر من ثمانين بالمائة من المجرات المصنفة والمجرات الطبيعية كمجرة درب التبانة مثلا أو المرأة المسلسلة. وفي النموذج الثالث تأخذ السدم شكلا غير محدد وغير مفهوم كغيمةماجلان.

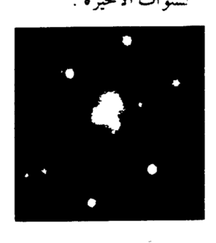


لقد اكتنفت الغرابة مصادر الاشعاع الأولى المكتشفة وكان هنالك جدل كبير فيما إذا كانت هذه المصادر تقع ضمن المجرة أو خارجها وبدا وكأن قدراً كبيراً من هذه المصادر يقع في مستوى مجرتنا ، أي مجرة درب التبانة . وقدراً كبيراً أيضاً لا يقع ضمنه . وقد حلت هذه المسألة في النهاية عندما تبين أن هنالك نوعين من المصادر الراديوية بعضها يقع ضمن المجرة والبعض الآخر يقع خارجها . ازداد لغز مصادر الإشعاع من خارج المجرة تعقيداً بسبب قوة اشعاعاتها الواصلة إلينا على الرغم من البعد الهائل الذي يفصل هذه المصادر عنا. إن مصدر الإشعاعات الذي تم اكتشافه في البدء يقع في كوكبة الدجاجة وقد تم تعيينه بدقه من قبل فلكيي جامعة كامبريدج – Cambridge – كما تمكن الراصدون من مرصد ماونت ولسون (Mount Wilson) في كاليفورنيا من ربطه باثنين من السدم التي يمكن أن ترى بالطرق الضوئيه . وقد ظن بعد ذلك أن هذين السديمين قد تصادما وأن الاشعاعات الراديوية صدرت بسبب الظروف الفيريائية العنيفة للتصادم . وفي الحقيقة فان وقتاً كبيراً قد بذل بحثاً عن مجرات متصادمة كما تم التعرف على عدد من النجوم الأخرى الواقعة ضمن مجرة واحدة .

إن القدر الهائل من الطاقة الذي يأتي من خارج المجرة ظل بالنسبة لنا سراً كبيراً . وبالفعل فان ذلك أصبح أكثر ارباكاً في السنوات الأخيرة نظراً لأن بعضاً من هذه المصادر كان صغيراً إلى حد كبير وبعضها كان متحولاً أي أن الضوء القادم منها أو بالأحرى الاصدار الراديوي يزداد وينقص في أوقات مختلفة وفق قانون محدد ؛ يستبعد أن يكون هذا الاصدار المتحول ناتجاً عن جسم كبير كالمجرة وبالتالي فهو ناتج عن نجم أو جسم أصغر ، ولكن مقدار الاشعاعات المتولدة

يفيض بحد كبير عن اقدار المتولد بالطرق الحرارية النووية في مادة قياسها النجم . نحن مرغمون على ايجاد مصادر أخرى للطاقة تستطيع أن تبقي الاشعاعات الراديوية مستمرة ، هذه المصادر هي النجوم الزائفة الكوزارات « quasars » التي جرى حولها جدل كبير في السنوات الأخيرة .





يقع ثاني أشد المصادر الراديوية قوة في كوكبة الدجاجة ويرى في الشكل الأيمن جسم مضاعف ينتمي إلى هذه الكوكبه

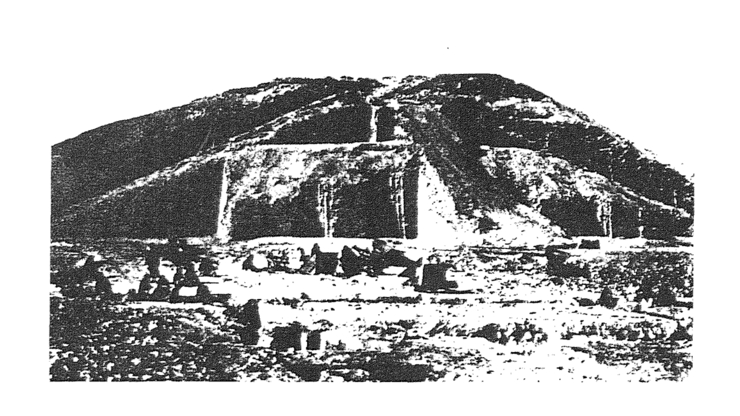
إن المجرة المرئية تقع ما بين منطقتي اصدار راديوي حيث يمثل الشكل الأيسر خطوط تساوي الشدة حيث يلحظ ازدياد الشدة عند الاتجاه نحو المركز

وهكذا فان الرصد الاشعاعي عمق من مدى معرفتنا وجعلنا قادرين على تغطية صفحة جديدة في الكتاب التخيلي المطالع . نبدو قريبين الآن من النهاية . فعلى الصفحة الثامنة والعشرين نرى أجساماً يبتعد بعضها عنا بسرعة قريبة من سرعة الضوء وسنرى فيما بعد أن هذا مؤشر بأننا لا نستطيع الاستمرار بسبر أعماق الكون بوساطة الرصد .

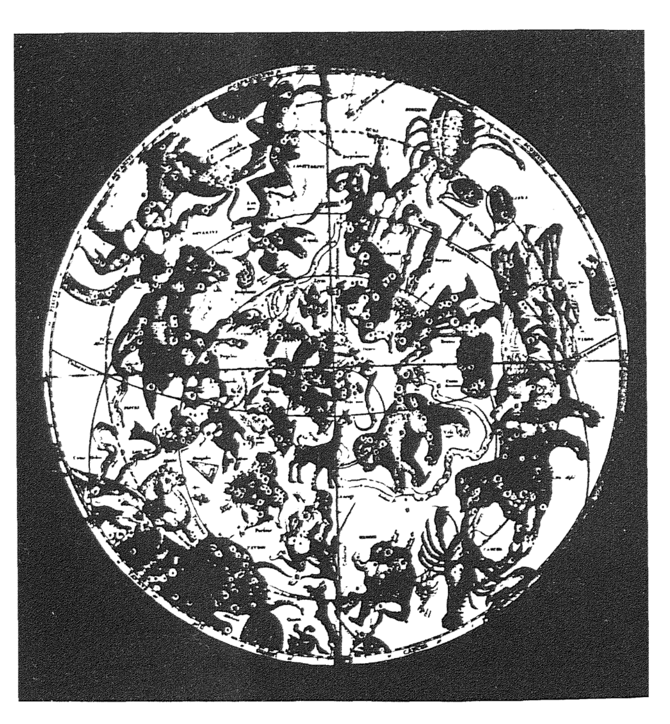
مقياس الزمن :

لقد بحثنا حتى الآن في موضوع التوزع الفراغي للمادة في الكون وبقي أن نضيف شيئاً عن مقياس الزمن . فقد قــدر آرشبيشوب اوشر — Archbishop ussher — (١٥٨١ — ١٦٥٦) أن خلق الكون قد تم في عام ٤٠٠٤ قبل الميلاد وذلك بالاعتماد على انجيل « العهد الجديد » ولكن المؤرخين فيما بعد قدروا أن بناء مدينة اور — Ur — القديمة قد تم منذ ثمانية آلاف عام على الأقل أي أن حالة الأرض في ذلك التاريخ كانت كحالتها اليوم . أما الأبحاث الجيولوجية الحديثة فتظهر وبشكل مؤكد أنه يلزم الأرض ٤٠٠٠ مليون سنة على الأقل حتى تصل إلى حالتها الجيولوجية الراهنه . وفي الحقيقة فان الفلكيين يعتقدون بأن العمر الحقيقي للأرض هو من رتبة ٤٠٠٠ إلى ٥٠٠٠ مليون سنه . أما العمر العام لنجوم مجرتنا فهو بشكل عام بحدود ٦٠٠٠ مليون سنه وهذا التخمين في الواقع قابل للزيادة .

إن مشاهداتنا الحالية في الحقيقة لا تخبرنا بأي شيء مما يمكن أن نراه فيما اذا كنا قادرين على الانتقال إلى نقطه ما في الماضي ولتكن ٤٠٠٠ مليون سنة . إن الكون في الوقت الحالي يتوسع وكثير من الناس يشعرون بأنه إذا عاد الزمن للوراء كما في حالة الشريط السينمائي ، حينئذ سينكشف للمرء بأن المادة ستأخذ شكلاً أكثر تركيزاً مما يوحي بأن التوسع الحالي هو استمرار لانفجار أصلي . تبدو هذه الطريقة البسطة بالنظر إلى الأمور جذابة لأنها لا تفترض أموراً غير مرئية وهو تعميم ينطوي على بعض المخاطرة في الحقيقة . سنرى في الفصول اللاحقة بأنه من المنطقي أن نتناول وجهات نظر مخالفة لما رأيناه منذ أمد بعيد .



متى خلق الكون ـ قدر ارشبيشوب اوشر بأن ذلك قد تم في عام ٤٠٠٤ قبل الميلاد ولكن
مدينة اور السومرية التي شيدت منذ ٨,٠٠٠ سنه تدحض مثل هذا الرأي . إن
تقديراتنا الحالية تشير إلى فترة تجاوز السته الاف مليون سنه



منذ أقدم العصور رأى الانسان في ظلمة السماء ما يشبه الحيوانات والمعارك والسفن ،
ومنذ أقدم العصور أيضاً استخدم الاجسام السماوية في تقدير الأزمان والاتجاهات.
ولا تزال الأبراج وهي مقطع السماء الذي يبدو كأن الشمس تتحرك خلاله
تستخدم في تحديد مواضع النجوم

المكان والزمان
من عصر اليونان إلى عصر نيوتن

لقد حرص الفصل السابق على تقديم مؤشر مختصر عن مدى معرفتنا الحالية في علم الفلك . لنحاول الآن . وبدلاً من القبول بجميع ما يطرحه العلماء . أن نتقصى مصادر المعرفة السابقة لنطلع على تطور هذا العلم .

تجوال النجوم والفلسفات القديمة :

تمنح مطالعة السماء في الليل الإنسان العادي خبرة متجددة وفي الأيام الخوالي كانت السماء ترى واضحة جليه قبل أن تخرب الصناعة صورتها . إذا اتجهنا إلى الريف مثلاً في ليلة مظلمة صافية ترتسم أمامنا صورة لامعة تحتوي على نقاط أو نجوم ساطعة تشكل نماذج مقنعة يطالع المرء فيها صوراً للحيوانات أو المعارك أو لأي شيء يريده . وأكثر من ذلك فعندما يخرج الإنسان كل ليلة وخلال ليال متعاقبه وفي نفس الوقت فسيلحظ بأن النماذج التي شاهدها في المرات السابقة تتبدل وسيجد بأن مجمل الصورة التي يراها تدور ببطء . وفي الحقيقة فان « حركة النجوم » تلك قد قادت الرجال الأوائل إلى مسألة فلسفية صعبة تكتنف العلوم الكونية . إنها مسألة التغير .

كيف يمكن للشيء أن يتغير دون أن يفقد ذاته ؟ يبدو وكأن نماذج

النجوم في السماء لا تتغير على الرغم من أنها تغير مواقعها . إن مراقبة السماء تعطي فكرة عن حركة الأرض والنجوم عالجها اليونان وفقاً لنظرياتهم عن الكون ، وحتى قبل مجيء سقراط كانت لدى اليونان أيضاً فكرة جميلة عن الكون طرحها تالس—Thales—(٥٥٠—٦٤٠ق.م).



يتمثل كون تالس في أرض منبسطة طافيه فوق الماء . ويبدو في الشكل أرخميدس في الوسط وحوله العناصر الثلاثة الأخرى ، التراب والنار والهواء . أما في الأعلى وعبر السماء فتتحرك الأبراج

أما فكرته فتنص على أن الأرض تعوم فوق الماء كسفينة تتقاذفها الأمواج مما يسبب الهزات الأرضية أما العالم أناكزيماندر (Anaximander) (الذي عاش في الفترة الواقعة ما بين (٥٤٥ — ٦١١ ق . م) فقد بدل ذلك إلى نظرية أكثر علمانيه وجمالاً من النظرية الأولى حيث

اعتبر الأرض جسماً ثابتاً في الفضاء تحت تأثير القوى المتوازنه للاجسام متساوية البعد عنه والمحيطه به . هذه الفكرة الثورية جعلت فيما بعد فكرة فلك كوبرنيكس (Copernicus) بأن الأرض تدور حول الشمس ، ثابتة ممكنة . لقد قادت نظرية أناكزيماندر واضعها وبسبب اتقانها إلى مسألة التغير .

بالطبع لن نفهم أبعاد هذه المشكلة وصعوبتها بالنسبة للذين سبقوا سقراط لأننا ترعرعنا منذ الطفولة في نفس الإطار الفلسفي الحالي ولا يجب أن نستغرب كيف أن بارمينيدس – Parmendes – اقتنع بعدم وجود التغير واعتبر التغير مجرد مظهر يراه الناس وان هذه الحركة (تغيير المواقع) غير ممكنة . يتعارض هذا الاستنتاج بالطبع مع الوقائع . أما ديمقريطس وهو عالم عاش في الفترة الواقعة ما بين (٣٧٠ – ٤٦٠ق.م) فقد درس هذه المسألة مبتدئاً بحقيقة الحركة فقال بأن العالم مؤلف من أجزاء وهذا العالم لا يمكن أن يكون مليئاً (مخالفاً بذلك رأي بارمينيدس). ونظراً لأنه غير مليء فان هنالك فراغاً ما بين الأجزاء . والأجزاء بحد ذاتها غير متغيره . هنا التزم ديمقريطس بآراء بارمينيدس ولكنه طبقها فقط على « الأجزاء » . فالتغير الحاصل في رأيه هو نتيجة لاعادة توزيع « الذرات » في الفراغ . لقد ظلت نظرية ديمقريطس –Democritus– متأرجحة حتى السنوات الأولى من هذا القرن،حيث اعتبر ديمقريطس « الذرات » صغيرة وغير مرئيه لتتفق نظريته مع المشاهده . وفي الحقيقة فان من المستبعد أن يكون هذا الإنسان أول من ربط التغيرات في السماء مع الظواهر المحلية أو أول من رأى اتحاداً ما بين المادة في مقياسين أحدهما كبير والآخر صغير . إن مثل هذا الارتباط ما يزال موضوعاً شائكاً حتى أيامنا هذه .



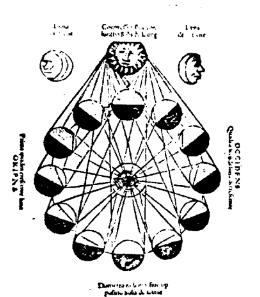
يمثل الشكل جملة مركزها الأرض وضعها قدماء فلاسفة اليونان . تدور الشمس حول هذا المركز على مسار قطع ناقص ويرتبط الكون بالجملة بوساطة كرة دائرة من النجوم

لنعد إلى نماذج النجوم فنجد أن من الطبيعي الافتراض . على الرغم من البرهان فيما بعد على بطلان هذا الافتراض أن حركة النجوم ناشئة عن تثبتها بكرة سماوية دائرة مركزها الأرض . في الحقيقة فان هذه النظرية تفسر حركة كامل النموذج بالنسبة للرؤية ولكنها لا تفسر عدم دوران النقاط الضوئية اللامعة التي ترى في الليل باتجاه واحد .

إن الجملة المذكورة هنا (نظرية الغلاف الكروي) تعرف بنظام بطليموس في أبسط صورة . وهذه التسمية في الحقيقة هي تسمية مضللة وهي تمثل قمة علم الفلك عند اليونان ولكنها وصلتنا عبر كتاب المجسطي لبطليموس (حوالي سنه ١٥٠ ب م) .

لقد اعتبر اليونان أن هنالك كرتين سماويتين داخلية وخارجية . أما الكرة السماوية الداخلية فترتبط بالإنسان والكرة السماوية الخارجية

تخص النجوم وبين هاتين الكرتين توجد الشمس ويوجد الفراغ . أما خارج الكرة السماوية التي ثبتت عليها النجوم فلا يوجد أي شيء .
إن الكرة السماوية التي ثبتت عليها النجوم تدور بثبات مرة كل ٢٣ ساعة و ٥٦ دقيقة حول محور ثابت أما الشمس فبالاضافة إلى دورانها حول محورها تدور باتجاه الشرق على مسار يسمى « المسار الظاهري لحركة الشمس – ecliptic » تقطعه خلال ٣٦٥ يوماً وربع وتميل عن خط الاعتدال – equator – بمقدار ٢٣.٥° .



يشرح هذا المخطط الذي رسم في القرن السادس عشر أطوار القمر وفقاً للجزء الساطع منه كما يتراءى لعين ناظر في الأرض

إن التوضعات المختلفة للنجوم حسبما ترى من خطوط عرض مختلفة على الأرض يمكن أن تشرح وفقاً للترتيب السابق . إن بامكان هذا الترتيب تفسير حادثتي الليل والنهار وحادثة تغير الفصول وكذلك حركة النجوم في الليل . وفي الحقيقة فان هذا النموذج استخدم وقتاً طويلاً في تعليم الملاحة والمساحة وما يزال . ولكن هنالك عقبة تنفي

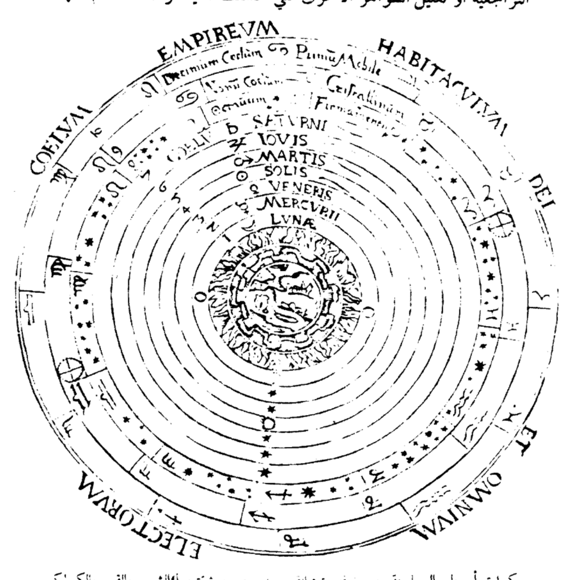
صحة هذا الترتيب ولا يجد لها هذا الترتيب تعليلاً . هذه العقبه هي الكواكب وترى كبقع ضوئيه ذات حركة غير منسجمة مع ما ذكر . وفي الحقيقة فان الكواكب بالنسبة للعين المجردة نجوم كغيرها ولكن حركتها تختلف . فعند مراقبه هذه الكواكب يلاحظ للوهلة الأولى بأنها تتبع بوضوح وبصورة تقريبية حركة النجوم الأخرى نحو الغرب ولكنها تتبع أيضاً حركة اضافيه نحو الشرق إذا ما قورنت بالنجوم . مما يجعلها تتم دوراناً كاملاً ثم تعود إلى وضعها الأصلي اذا ما قورنت بالنجوم أيضاً (ويمكن عندئذ أن يفسر ذلك وفقاً لنظرية الكرتين السماويتين القائلة بأن الكواكب تتحرك في الفراغ الكائن بين الأرض والنجوم) ولكن ذلك سيزيد الأمر سوءاً .

لقد لاحظ الإنسان القديم بين هذه الأجسام جسماً يدور على مساره بشكل أسرع وأقل ثباتاً مما تدور الشمس إنه القمر . وطور القمر هو من أقدم التقاويم المعروفة لأنه سهل الرؤية ولكنه غير عملي لأن الفترة الفاصلة بين طورين متتابعين قد تكون ٢٩ أو ٣٠ يوماً . في الحقيقة لقد مرت أعوام كثيرة قبل أن يتم تعيين عدد أيام شهر معين عن طريق نظرية رياضيه .

إن فترات الدوران الكاملة للكواكب ، كالمشتري والزهرة والمريخ وعطارد وزحل ، تختلف فيما بينها . وأكثر من ذلك فان دورة خاصة لأحد الكواكب على مداره قد تكون أسرع من الدورات الأخرى . وإن من أسوأ الأمور أن دوران الكواكب نحو الشرق بصورة عامة يتقطع خلال فترات منتظمة بحركة « تراجعيه » نحو الغرب ويلاحظ ازدياد اللمعان خلال هذه الفترات . وعلى سبيل المثال فان المريخ عندما يواجهالشمس يكون أشد الأشياء لمعاناً في سماء الليل باستثناء القمر والزهرة.

ومن أجل شرح الحركات المختلفة للكواكب افترض اليونان

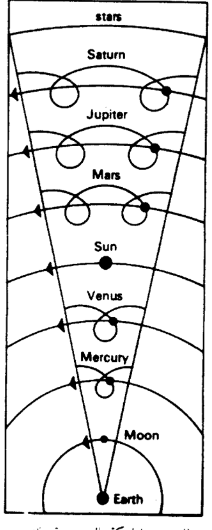
وجود سلسلة من الكرات السماوية المتحركة كما لو كانت متشابكة ويعزى ذلك إلى يودوكسوس (Eudoxus) تلميذ افلاطون (Plato) وتعتبر هذه النظرية من المعالم الرئيسية لصورة العالم عند أرسطو والتي هي الانحراف الأكثر عمومية عن النظام البطليموسي . يعد أرسطو من أكثر علماء العالم القديم تأثيراً وشمولاً . ومهما تكن العبقرية التي أنشأت هذا النموذج كبيرة فهي لم تستطع تعليل تغير اللمعان أثناء الحركة التراجعيه أو تعليل الظواهر الأخرى التي كشفت تقنية الرصد المتقدم عنها.



كرات أرسطو السماوية حسبما فهمت في القرون الوسطى حيث تتحرك الشمس والقمر والكواكب الخمسة المعروفة حول الأرض ويلي ذلك الكرة السماوية المتحركة التي ثبتت عليها النجوم

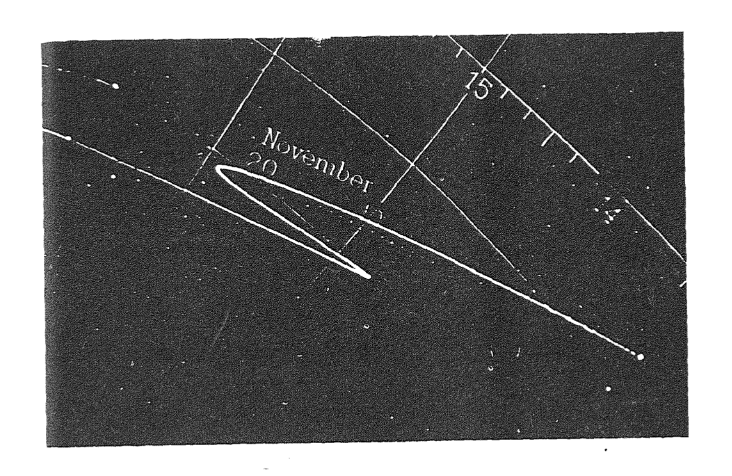
إن الخطوة التالية لتبرير حركات الكواكب وضعها اثنان من أبرز علماء اليونان وهما أبولونيوس (Apollonius) وهيبارخوس (Hipparchus) اللذان اقترحا الآلية التداويرية (epicycle) وإن أبسط شكل لهذه الآلية هو « مسجلة حركات التنفس — Spirograph —» والتي تتحرك فيها دائرة صغيرة بانتظام حول مركزها . هذا المركز هو نقطة ثابتة من محيط دائرة ثانية تدور أيضاً حول مركزها .

وهكذا تدور الدائرة الخارجية على دائرة داخلية . لقد طرحت هذه النظرية لأنها أكثر ملاءمة . إن الكوكب يقع على الدائرة الخارجية، وأما الأرض فتمثل مركز الدائرة الداخلية . إن الطريق المقترح للكوكب بهذه الطريقة يعلل سبب الحركة التراجعية وسبب ازديادالللمعان(بسبب اقتراب الكوكب أو ابتعاده عن الأرض) . وبذلك أمكن شرح الكثير من الأمور الشاذة .



فسر بطليموس الحركة التراجعية للنجوم وتغير لمعانها حسب الآلية الموضحة في الشكل والتي تتحرك الكواكب بموجبها وفق سلسلة من الرواسم التداويرية

إن تحديدحركات جميع الكواكب يستلزم تطبيق الطريقة المذكورة على كل مسار على حدة حيث يختلف قياس الحلقات بين كوكب وآخر كمايختلف عددها . وعلى سبيل المثال يتطلب كوكب المشتري احدى عشرة حلقة بينما يتطلب كوكب زحل ثمانية وعشرين حلقة من أجل اتمام مدار كامل .



مقطع صغير من المسار الفعلي للمريخ يوضح حركته التراجعيه

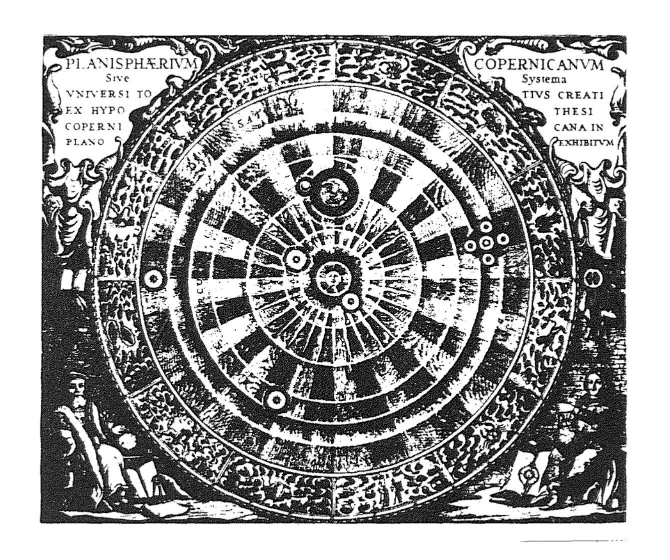
وهكذا وباستخدام هذه الطريقة يصبح بالامكان وصف جميع ما يخص حركة الكواكب بقدر كاف من الدقة وفي الحقيقة فقد بدت نظرية الدائرتين قادرة على احداث تعميم مدهش واضعه الرئيسي هو بطليموس . يستطيع المرء أن يضيف دائرة ثالثه صغيرة يتحرك مركزها على الدائرة الخارجية للحركة التداويرية الأصلية التي بدورها ذات مركز يستمر بالحركة على دائرة مركزها الأرض . بهذه الطريقة وبخدع مشابهة أمكن شرح الكثير من حركات الكواكب . قد تبدو النظرية التداويرية نظرية علمية جميلة ولكنها كانت في الواقع كابوساً .



بطليموس وهو يقيس ارتفاع القمر ترافقه احدى الملهمات* « Muse »

* الملهمة : احدى الإلهات التسع الشقيقات اللواتي يحمين الغناء والشعر والفنون والعلوم (في الأساطير الاغريقية)

لقد كانت وسيلة تبسيط لتذكر الحركات وتوقعها . بعد ذلك راح الإنسان يتساءل عما ذا كانت حركات الكواكب أبسط مما تشرحه هذه الآلية المعقدة ومع هذا فقد سادت هذه الآلية قروناً عديدة لعدم وجود نظرية بديلـــة . إن التحدي الحقيقي لهـــذه النظريـــة لم يأتِ إلا في القرن السادس عشر على يـــد العالم كوبرنيق (Nicholas Coperni Cus) .

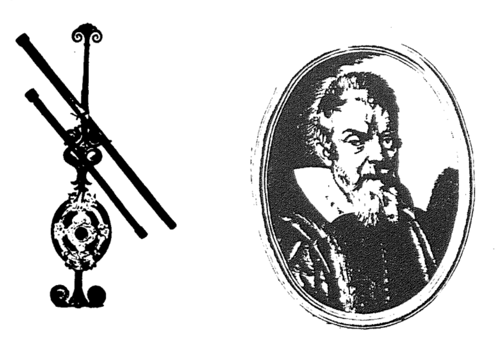


لقد ظل العمل الثوري الذي قام به كوبرنيق بخصوص حركة الكواكب والذي أكد فيه نظرية ارتسياخوس التي تقول (عام ٣٠٠ ق.م) بأن الأرض ليست مركز الكون طي الكتمان مدة أربعين عاماً قبل أن ينشر عام ١٥٤٣ وذلك بسبب المعارضة الشديدة التي أبدتّها الكنيسة وأتباع بطليموس

كان كوبرنيق بحد ذاته موسوعة علمية فقد درس عدداً من اللغات المختلفة بالإضافة إلى القانون واللاهوت والرياضيات والطب والفلك . إن دراسات كوبرنيق أقنعته بأن النظام البطليموسي ليس صحيحاً لأن فيه الكثير من التناقض ما بين النظرية والملاحظه الواقعية . وفي الحقيقة

وجد كوبرنيق اقتراحات تقليدية على تناقض تام مع النظام البطليموسي الذي أراد التحقت منه اقترح منذ زمن أريستارخوس (Aris-tarchus) أن الشمس وليس الأرض هي مركز الكون أي أن الشمس هي مركز الكرة السماوية الخاصة بالنجوم . أما الأرض التي يعرفها الإنسان العادي بصورة جيدة فتدور حول محور . مما يعطي ادراكاً مغلوطاً بأن السموات تدور بالاتجاه المعاكس . وبوضع الشمس في مركز جملة الكواكب والنجوم وبافتراض مدارات دائرية للكواكب أقنع كوبرنيق نفسه أولاً بأن تغير شدة الضوء وشرح حركات الكواكب يمكن أن يبررا بدون الاستعانة بتعقيدات نظرية الدائرتين المذكورة سابقاً .

لقد كان كوبرنيق قادراً على الاستمرار بحيث يستطيع حساب بعد مختلف الكواكب عن الشمس بدلالة نصف قطر مدار الأرض وهي



تمكن غاليليو باستخدام مناظيره الشهيرة من اكتشاف أقمار المشتري الأربعة عام ١٦٦٢ ومن اكتشاف أطوار كوكب الزهرة وقد أرغم عام ١٦٦٣ على انكار تأييده لنظرية كوبرنيق بسبب محكمة التفتيش

واحدة من واحدات قياس المسافة في علم الفلك . ولكن أبحاثه جرت في وقت ينبغي فيه أن تأخذ جميع المعارف اقرار الكنيسة وكان طريق كوبرنيق وعراً ولكن كفة الميزان ما لبثت أن مالت إلى الجهة المعاكسة عندما اخترع غاليليو – Galileo – منظاره للتحقق من افتراضات كوبرنيق وكان تصرف الكنيسة أقل تحرراً فَحوكمَ غاليليو قبل أن يستجوب . إن التدخل الديني وضع نهاية فصل لتاريخ رجل .

تقدم النظريات السببية :

يجب أن يمتلك المرء التمييز الصحيح بين النظرية الوصفية الصرفه والنظريه السببية . ومن النظريات الوصفيه نظريات القرن التاسع عشر التي تناولت علمي النبات والحيوان . لقد صنفت الحيوانات وكذلك النباتات إلى أصناف متعددة ولكن لم تتوفر أية نظرية تشرح سبب أخذ بعض الأصناف شكلاً ما دون غيره ، فعلم التصنيف يتطلب مجهوداً كبيراً ولكنه لا يقدم توضيحاً أو شرحاً كالشرح الذي نحتاجه في علم الفلك أو علم الفيزياء أو العلوم الكونيه بشكل خاص . إن كلاً من نظام بطليموس ونظام كوبرنيق هو نظام وصفي فقط . إن فكرة السبب قديمة جداً وعلى الأقل من أجل الحوادث على سطح الأرض كفكرة دفع البرميل أو اطلاق السهم التي تُري كيفية تطبيق هذه الفكرة على الحركة . ولكن السؤال الذي يطرح نفسه هو امكانية وجود نظرية طارئه تشرح سبب حركة الكواكب وذلك يقودنا إلى نظريات كبلر ونيوتن . كانت نظريات كبلر في الحقيقة تتوسط النظريات الوصفية والسببية لأنه كان فقط ينشد البحث عن وصف للملاحظات من أجل تكوين نظرية سببية وقد نجح في ذلك نجاحاً بالغاً . وهكذا كانت

النظريات التي وضعها لحركة الكواكب ذات قيمة كبيرة بالنسبة لنيوتن من أجل ايجاد نظريته السببية .

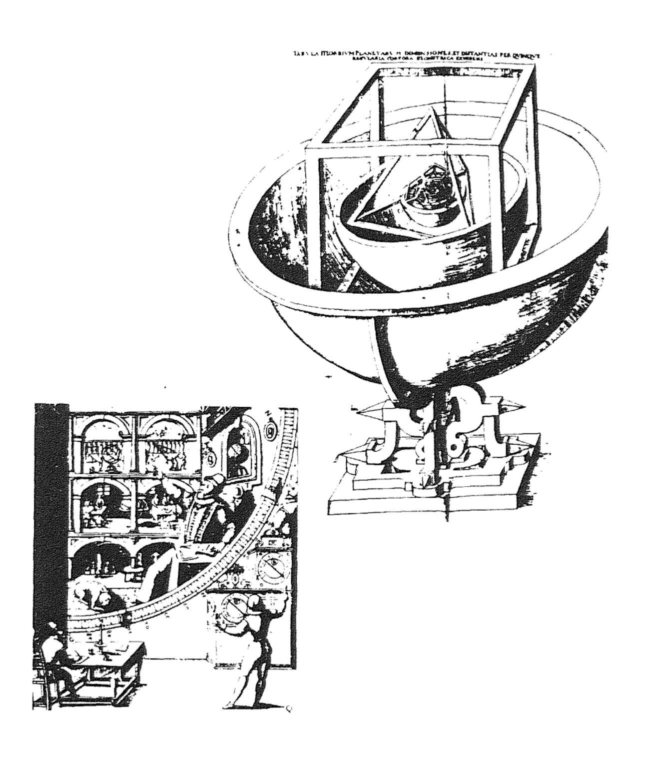
لقد تمكن كبلر بعد قضاء فترة طويلة من المراقبة مدفوعاً بالنظريات الفلسفية العقلية الغريبة من صياغة القوانين الوصفيه التالية عن حركة الكواكب والتي تنص على ما يلي :

١ – لا تتحرك الكواكب في مسارات دائرية بل في قطوع ناقصه وإن أحد محرقي كل قطع هو الشمس . (إن محرق أي قطع هو إحدى النقطتين اللتين يستخدمهما بناؤوا الحدائق في رسم أحواض الورود البيضوية ويتم ذلك بوساطة خيط يتم ربطه بكلا النقطتين ؛ تستخدم هذه الطريقة عادة في وصف القطع الناقص) .

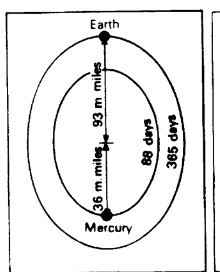
٢ – يمسح نصف القطر الواصل ما بين الشمس والكوكب مساحات متساوية في أزمان متساوية .

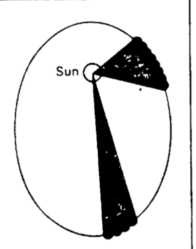
٣ – إن مكعب المسافات الوسطيه عن الشمس للكواكب متناسب مع مربعات أدوارها .

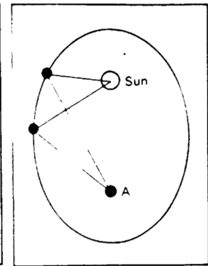
على الرغم من كون هذه القوانين وصفية تماماً فهي تعتبر متقدمة كثيراً بالنسبة للنظرية التداويرية وربما كانت إحدى ميزاتها الهامة هي أنها فصلت المعالم الآلية التي تحتاج للتوضيح . لا يذكر القانون الأول شيئاً عن سرعة الكواكب على مداراتها ولكنه يحدد شكل المدار فقط . أما القانون الثاني فيذكر مقارنة للسرعة بين نقطتين مختلفتين ويربط القانون الأخير سرعة أحد الكواكب بسرعة كوكب آخر.لقدتمهناتبسيط الطريقة العلمية وذلك بتحليل الظواهر المعقدة إلى وحدات بسيطة يمكن أن تشرح بصورة منفردة .



تمكن كبلر بالاستفادة من أرصاد قام بها تيخو براهي « Tycho Brahe
باستعمال الربعية الجدارية من ايضاح انسجام الكون بدلاله قياس كرات
الكواكب ويرتبط ذلك بمجسمات أفلاطون ومن صياغة قوانينه
الثلاثة في الفلك







قوانين كبلر الثلاثة : تتحرك الكواكب على قطوع ناقصة تشكل الشمس أحد محرقيها
تمسح الكواكب خلال أزمان متساوية مساحات متساوية
يتناسب مكعب بعد الكواكب عن الشمس مع مربع فترة الدوران حول
الشمس يوضح الشكل ذلك لكوكبي عطارد والأرض .

لقد توقف التقدم العلمي ولمئات من السنين وتأثر تأثراً كبيراً بالفكرة القائلة بأن الحفاظ على سرعة معينة يتطلب قوة مؤثرة . ولكن نيوتن وفي محاولة لفهم قوانين كبلر أدرك أن هذا غير صحيح ولا يتنافى في الحقيقة رأي نيوتن مع خبرة الإنسان اليومية كدفع عربه للتغلب على قوى الاحتكاك عند الدواليب أو كانزلاق حجر على أرض خشنه . وقد تبنى نيوتن وجهة النظر القائلة (متبعاً فكرة غاليليو الأكثر تحديداً) بأن الحفاظ على سرعة معينة لا يتطلب قوة ولكن تغيير سرعة الحركة يلزمه قوه . وهكذا فان قانون نيوتن الأول في الحركة ينص على أن الجسم إذا لم يخضع لتأثير أية قوة فانه يتحرك بسرعة منتظمه ووفقاً لمنحى مستقيم وإن تسليط أية قوه سيؤدي إلى تغير في الحركة وبالتالي إلى تغير في السرعة .

ترى ما هي العلاقة التي تربط قانون نيوتن الأول بمشاهدات كبلر التي تخص حركة الكواكب ؟ حتى نفهم هذه العلاقة يجب أن ندرك أن التسارع لا يحدث فقط عند تغير مقدار السرعة ولكنه يحدث أيضاً عندما تغير هذه السرعة اتجاهها كما يحدث بالنسبة لكوكب يسير في فلك بيضوي . هذا الكوكب سيغير اتجاه حركته على الدوام .

لنعتبر على سبيل المثال جسماً مربوطاً بخيط ولنجعل هذا الجسم يدور في دائرة مركزها اليد . تخبرنا قوانين نيوتن بأنه إذا أفات الجسم فسينطلق في اتجاه المماس الموافق وإلا فان الخيط سيجاذب الجسم دوماً نحو مركز الدائرة وسيكون هذا الخيط كما نعلم في حالة شد وسيؤثر على اليد بقوة مؤثرة نحو الخارج وعلى الجسم بقوه متجهة نحو الداخل . هذه القوه الأخيره في الحقيقة ستجعل الجسم يتسارع باستمرار نحو مركز الدائرة .

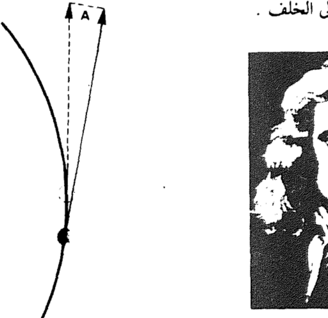
وبالعودة إلى الكواكب نجد أنها غير مرتبطه بخيوط مع الشمس وكان رأي نيوتن أن قوة مشابهة تؤثر على الكواكب لتبقيها في مداراتها الإهليلجية حيث ان لم توجد مثل هذه القوة فستتحرك الكواكب في خط مستقيم نحو أعماق الفضاء . وقد دعا نيوتن هذه القوه قوة التثاقل gravitation (أو الثقالة) .

لقد برهن نيوتن على أن قوانين كبلر يمكن أن تفسر في ضوء قوى جذب ثقالية تربط ما بين الشمس والكواكب . وقد عم نيوتن ذلك فقال بحتميه وجود قوى تجاذب ثقالية بين أي جسمين . كما اعتبر التسارع الناتج في الجسم مقياساً للقوة الفاعلة فيه . إن المشاهدة اليومية ترينا أن بعض الأشياء تتحرك بصورة أيسر من أشياء أخرى ولهذا فلا بد

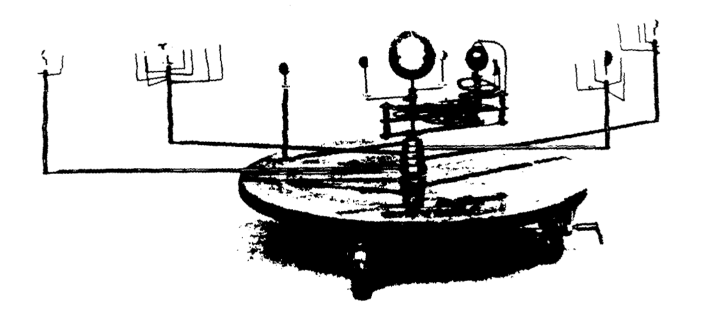
أن يكون لكل جسم عامل متعلق بالكم دعاه بالكتله وهي مقياس يعبر عن مقاومة الجسم للتحرك . إن الكتله من وجهة نظره عبارة عن ثابت مرتبط بالجسم وهو مقدار ما تجمع في الجسم من مادة ، مما يعبر عن عطالته . تقاس القوة بعد ذلك بجداء الكتلة بالتسارع وهذا هو في الحقيقه قانون نيوتن الثاني في الحركة . إن نيوتن ، عبر قانونيه الأول والثاني وكذلك عبر قانونه الثالث الذي ينص على أن تأثير أي جسم على جسم ثان يساوي ويعاكس تأثير الجسم الثاني على الأول وفق خط واصل ما بين الجسمين ، تمكن من استنتاج قوانين كبلر الثلاثة حول حركة الكواكب مما جعل هذه القوانين تأخذ شكلاً سببياً . أصبح جلياً بعد ذلك انطلاقاً من قانون كبلر الثاني أن الكواكب تتحرك تحت تأثير قوة متجهة نحو الشمس . وأن هذه القوه حسبما يتضمنه قانون نيوتن الأول تتناسب عكسياً مع مربع المسافة فاذا كان الكوكب أبعد . ، بمرتين عن الشمس وجب تقسيم القوة على ٤ كما أن القوة ما بين الشمس وأحد الكواكب تتناسب وفقاً لقانون نيوتن الثالث مع كتلتيهما .

يحتوي قانون نيوتن في الجاذبية الثقالية على مضامين واسعة أصبحت متأصله في تفكيرنا مما جعلها أمراً مفروغاً منه . في حين أنه كان من المدهش في وقت ما اعتبار أن ما يجعل التفاحة تسقط هو نفسه الذي يجعل الكواكب تحتفظ بمداراتها حول الشمس.وبعبارة أخرى اعتقد نيوتن أن قوانينه لا تصلح للأرض فقط بل للنظام الشمسي باسره وهنالك بعض الدلائل التي تشير إلى أنه اعتقد بامكانيه تطبيق هذا القانون على مجمل الكون . وهكذا تولدت فكرة امكانية تطبيق قوانين الفيزياء على جميع المسائل الكونيه وهي فكرة أبعدت العلوم الكونية عن الأمور الغيبية وجعلتها في طوق العلوم الطبيعية .

إن علينا أن ندرس بتفصيل أكبر افتراض صلاحية قوانين نيوتن في جميع الأزمان والأمكنة فهنالك حالة من حالات المشاهدة اليومية التي تبدو وكأنها تشكل استثناء لامكانية تطبيق هذه القوانين . فالصعود نحو الأعلى في مصعد سريع يشعر المرء بأن وزنه يزداد ويشعر كذلك حامل الحقيبه في المصعد وكأنّ وزن الحقيبة قد ازداد أيضاً عما كان عليه في حالة ثبات المصعد . إن هذا ليس بسبب كون المصعد يتحرك نحو الأعلى بسرعة ولكنه بسبب كونه متسارعاً . وبصورة مشابهة ففي الطائرة التي تتسارع لأجل الاقلاع تميل الأشياء كالكتب الموجودة فيها ، إذا كان السطح صقيلاً ، لأن تتجه للخلف ويظهر ذلك تناقضاً ظاهرياً مع قانون نيوتن لأن هذا القانون يقضي بالحاجة إلى قوة تنتج تسارع الكتب إلى الخلف .



إذا انعدمت بشكل مفاجيء القوى المؤثرة على جسم يتحرك على منحني فسيسير هذا الجسم على مماس المنحني لحظة انعدام القوى . اكتشف نيوتن أيضاً أن تغير السرعة ولو بالاتجاه فقط لا يمكن أن يتم إلا بوجود قوة مؤثرة باتجاه التغير



يمثل الشكل نموذجاً ميكانيكياً للمجموعة الشمسية أصبح شائعاً في القرن الثامن عشر كنتيجة من اهتمام العامة بعلم الفلك مدفوعين بنظريات نيوتن. إن كوكبي اورانوس ونبتون ومعظم الأقمار الموجودة في الشكل كانت غير معروفة بالنسبة لنيوتن وقد استدل على وجودها فيما بعد باستخدام قانونه العام في الجاذبية

إن المصعد والطائرة هما مرجعان للمقارنة لا تسري عليهما قوانين نيوتن لأنهما مرجعان متسارعان وقبل أن نستطيع تطبيق قوانين نيوتن مرة ثانيه فان تحويلاً يجب أن يجرى ، ويتم ذلك بأن يطرح التسارع الخارجي المطبق من جميع الأجسام المدروسة قبل تطبيق القوانين وهكذا فسيبقى وزن الحقيبة ثابتاً وستبقى الكتب في الطائرة في أماكنها .

من وجهة نظر نيوتن يوجد فرق كبير بين السرعة والتسارع . فالتسارع حسب رأيه هو شيء مطلق . وبالنسبة لمراجع غير متسارعة

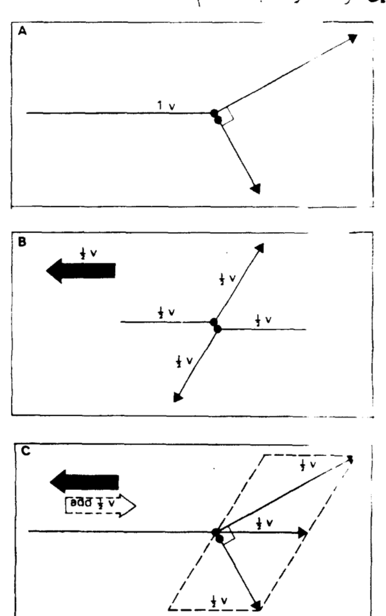
لا تتحرك الأشياء بصورة أسرع أو أبطأ ما لم تؤثر بها قوة فهي تستمر بالحركة بصورة منتظمة ولا توجد حاجة هنا للحديث عن التسارعات النسبية . إن جميع التسارعات يمكن أن تقاس من وضع عدم التسارع .

يختلف الوضع في حالة السرعة . إذ المستحيل اعتبار أحد الأشياء ساكناً تماماً . ولا يوجد معيار لقياس ذلك فالقطار يتحرك بالنسبة للأرض والأرض تتحرك بالنسبة للشمس والشمس تتحرك بالنسبة لدرب التبانه والمجرات تتحرك بالنسبة لمجرات أخرى فلا يوجد هنالك إذاً معيار مطلق ، فالمرء يستطيع أن يتحدث عن أشياء متحركة بسرع نسبيه ، بالنسبه لأشياء أخرى .

لقد اعتبر نيوتن أن لقوانينه امكانية التطبيق في جميع مراجع المقارنة هذه ، لأنها غير متسارعه وتدعى هذه المراجع مراجع عطاليه نظراً لأن عطالة الجسم تبقيه في وضع الثبات أو في وضع الحركة المنتظمه ما لم تؤثر عليه قوه خارجيه . فعندما تنعطف السيارة يبقى راكبوها متجهين باتجاه المماس مالم يتثبتوا جيداً ويطبقوا قوى على مقاعدهم كي يتمكنوا من الانسجام مع حركة السيارة .

وهذا يعني أن لعبة البليارد ، على سبيل المثال ، في قطار يجري بسرعة منتظمه ستستمر وفقاً لنفس قوانين الميكانيك بالنسبة لمراقب ثابت على سطح الأرض (سنفترض دوماً أن سكة القطار ملساء تماماً ولا تسبب أي ارتجاج) وسيتمكن هذا المراقب الثابت من معرفة تأثير الصدم على الكرات وسيتمكن من معرفة سلوك الكرات على الرغم من أن له سرعة تخالف سرعة القطار وحتى يتمكن من ذلك يجب أن يطرح سرعة القطار من سرعة كرات البليارد ، عندئذ يتسنى له أن يعرف نتجة الصدم حسب قوانين نيوتن وحتى تكون نتائج هذا المراقب

موافقة لنتائج أحد المسافرين على نفس القطار فانه يجب أن يضيف سرعة القطار إلى سرعة الكرات بعد الصدم .



لنفترض أن لعبة البليارد تجري في قطار متحرك. يرى المراقب الموجود في القطار الكرة التي تسير بسرعة سر تصدم الكرة الثابتة وتكون الزاوية المتشكلة بعد الصدم مساويه ٩٠ درجة (الشكل ا) ويرى المراقب الموجود خارج القطار الشكل ب إذا كان القطار يسير بسرعة ١/٢ سر وفي الحقيقة يستطيع المراقب الثاني استنتاج ما يراه المراقب الأول باضافة سرعة القطار ١/٢ سر إلى السرعة الظاهرية الكرتين . (ج)

وفي الحقيقة فلا تعتبر هذه العملية عملية معقدة رياضياً ، فمن السهل اجراؤها وهي تتضمن فكرة التحويل التي ذكرت من قبل . إن المراقب خارج القطار سيحول المسألة من داخل القطار إلى خارجه وبعد أن يحلها سيعيدها مرة ثانيه إلى القطار . ربما تبدو هذه المسألة المذكورة بلا هدف ولكنها في الحقيقة ليست كذلك لأنه من الأسهل في العديد من المسائل أن يتم الحل من قبل المراقب الخارجي بدلاً من المراقب الداخلي وسيعطي مثال حي حول كيفية تحويل آينشتاين للثقاله خارج الكون حيث توصل بذلك إلى تداخل المكان بالزمان .

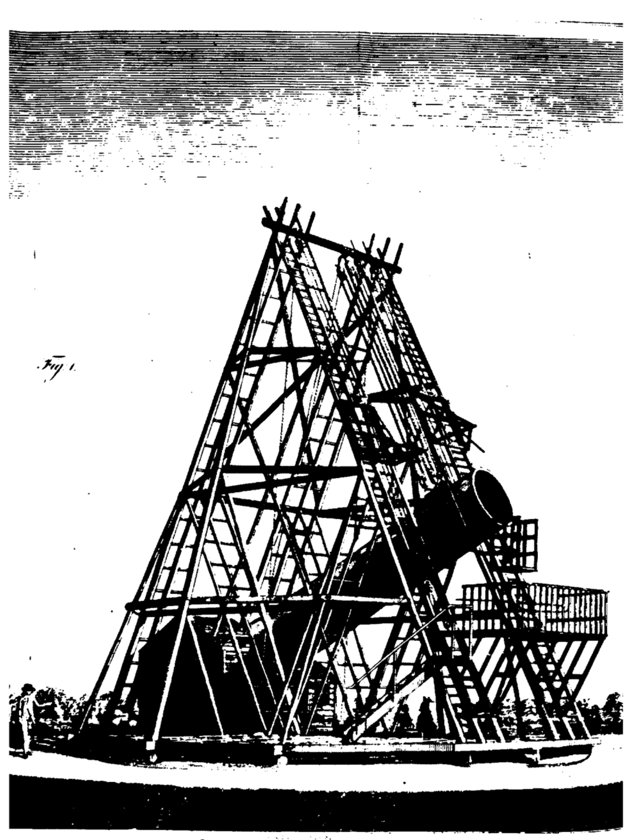
إن أية نظرية تخص التثاقل الكوني يجب أن تصلح لكامل الكون . وفي الحقيقة فان معظم علماء الكون الحاليين قد طوروا آراءهم انطلاقاً من آراء نيوتن وبشكل أكبر من تعديلات آينشتاين لها ؛ إن نيوتن نفسه لم يتابع المضامين العظيمة لنظريته كما كان متوقعاً .

كان نيوتن على صواب في أن الكون لا متناه في جميع الاتجاهات بعكس ما كان سائداً حين افترضَ أرسطو كوناً متناهيا في الحجم وأيده في ذلك علماء القرون الوسطى . إن اكتشافات نيوتن أقصت هذه النظرية بعيداً عندما أشار . بأنه لو كان الكون منتهياً فستجذب قوى الثقاله جميع أجزائه إلى بعضها وسينتهي الكون إلى كتلة واحدة أما اذا وجدت بعض المادة على بعد لا نهائي بحيث يكون جذبها الثقالي للأجزاء الأقرب لا متناهياً في الصغر ، عندئذ يمكن لهذه المسألة أن تحل .

وفي الحقيقة فان هنالك تناقضاً في هذه المناقشة لم يشر إليه حتى نهاية القرن التاسع عشر . فلو كانت المادة موزعة بانتظام ضمن كرة

ذات نصف قطر محدد فان حقل الثقالة على حافة الكرة سيكون متناسباً مع نصف القطر . أي أن حقل التجاذب على حافة كرة لا نهائيه — ويقصد بذلك الكون اللا نهائي — سيكون لا متناهياً في الكبر مما يؤدي إلى أوضاع فيزيائية مشوشه لا يرغب الفيزيائيون بالتعامل معها . وهذا ما دفع بالفلكي الألماني زيليغر (H.Seeliger) لأن يقترح في عام ١٨٩٥ أن قانون نيوتن في التجاذب الثقالي يجب أن يعدل إذا ما أخذت المسافات الكبيرة بعين الاعتبار .

لقد أدرك نيوتن بنفسه أن نظريته عن كون لا نهائي تفترض سريان قوانينه عبره . وفيما لو أدرك صعوبات ذلك فلا نعلم المدى الذي وصل إليه . لقد كان نيوتن على قدر كافٍ من الحكمة بحيث ترك المسألة برمتها معلقه . أما في نهاية كتابه الشهير علم البصريات « Opticks » فترك البت النهائي بالأمر إلى الله عز وجل : « . . . إن الله قادر على خلق جسيمات من المادة في قياسات متعددة وفي نسب متعددة أيضاً في الفراغ وربما في كثافات وقوى مختلفه وبالتالي فهو قادر على تغيير قوانين الطبيعة وعلى صنع عوالم بأشكال متعددة في أصقاع مختلفة من الكون وعلى الأقل لا أجد تناقضاً في مجمل ذلك » .



المرصد الذي بناه هيرشل بهدف دراسة الكون

التطور بعد نيوتن

أدت قوانين نيوتن ، عندما اقترحت وبعدما اتضحت نتائجها ، إلى تحقيق انجازات هامه ، فقد تم وصف مسارات الكواكب وصفاً دقيقاً . لا تتحرك هذه الكواكب في الحقيقة على قطوع ناقصة كما تنبأت النظريه ولا تخضع فقط لتأثير الشمس وإنما تخضع لتأثير الكواكب الأخرى . وعندما أخذ تأثير هذه الكواكب بعين الاعتبار تم اجراء الحساب الدقيق للمسار في كل حالة تقريباً ، وقد أدى نجاح هذه الطريقه إلى اكتشاف كواكب جديدة . لقد ظل كوكب زحل حتى عام ١٧٨١ أبعد الكواكب المعروفة إلى أن اكتشف السير وليم هيرشل (Sir William Herschel) الكوكب اورانوس خلال عملية رصد روتينية في السماء ، وفي الحقيقة فقد رصد هذا الكوكب حوالي عشرين مرة ما بين عام ١٦٩٠ وعام الإكتشاف ولم يعتبر إذاك إلا نجماً عادياً . إن مراقبة هيرشل لهذا الكوكب مكنته من تحديد تفاصيل مداره . هذه التفاصيل التي لم تؤكد برصد لاحق . وكان التناقض كبيراً عندما تبين في عام ١٨٢٠ أن موضع الكوكب الحالي لا يتفق مع موضعه السابق ولا مع قانون نيوتن في الجاذبية .



اكتشف وليم هيرشل كوكب اورانوس واثنين من أقماره الخمسة بوساطة المنظار الذي صنعه بنفسه عام ١٧٨١ . إن مرصده الضخم الذي يصل بعده إلى ٤٠ قدماً وبشكل أكثر دقة جهازه ذو العشرين قدم مكنه من دراسة ثم تجميع أولى المصنفات عن السدم

لقد شكك الكثيرون في تلك الفترة ، بقوانين نيوتن ولكن اثنين من الفلكيين وهما جون آدمس (John Adams) وهو طالب غير متخرج من جامعة كامبريدج واوربان لوفيرييه (U . Leverier) وهو شاب فلكي فرنسي قاما باجراء أبحاثهما معتبرين أن قوانين الجاذبيه هي قوانين صحيحة واستنتجا عام ١٨٤٦ وجود كوكب آخر خلف مدار اورانوس يخرج اورانوس من مساره المتوقع . لقد مكنت نظرية آدمس ولوفيرييه وباستخدام طرق مختلفة ذات طبيعة رياضيه صرفة من تحديد موقع هذا الكوكب الجديد . وعندما تم بناء مرصد متقدم في برلين عام ١٨٤٦ رصد هذا الكوكب في نفس الموضع الذي حدداه . هذا الكوكب هو نبتون وأدى اكتشافه إلى اكتشاف أبعد الكواكب المعروفة وهو بلوتو .

لقد حدثت صعوبات جمة حول مركز النظام الشمسي عندما لوحظ أن فلك الكوكب عطارد وهو أقرب الكواكب إلى الشمس يدور اهليلجه ببطء . وقد عزي ذلك لتأثير جاذبية الكواكب الأخرى .

ولكن هذا التأثير لا يعلل الدوران الضئيل المتبقي.وهكذا فقد شكّكَ بعض الفلكيين بصحة قانون الجاذبية أما البعض الآخر فقد توقعوا وجود كوكب صغير اسموه فولكان « volcan » مسؤول عـــن التغيرات في مدار عطارد ولكن المراصد لم تقدم أي دليل عن وجود مثل هذا الكوكب كما أن العلماء حالياً غير مبالين لقبول وجود أجرام في السماء كنتيجة لقوة الحساب فقط . وفي الحقيقة فان هنالك تعليلاً آخر لسلوك عطارد سندرسه في فصل لاحق على ضوء النظرية النسبية العامة .

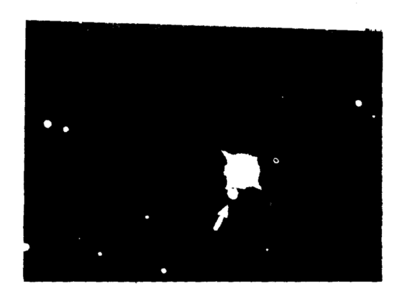
لقد نجحت النظرية النيوتنية في حقيقة الأمر نجاحاً بالغاً في حينه ، حيث أن الاستفسارات حولها لم تُسأل إلا بعد ذلك بوقت طويل . ومن بين الأسئلة التي طرحت السؤال الكوني الأصلي التالي : عندما يتوقع المرء ويلاحظ أن مدار أحد الكواكب هو قطع ناقص دائر فما معيار الثبات في هذه الحالة أو بالأحرى ما هو معيار عدم الدوران ؟ لا يمكن أن يكون هذا المعيار هو سطح الأرض لأننا نعلم أن الأرض تدور حول محورها ، كما أن الفلكيين ، حتى يتمكنوا من الاستمرار في مراقبة نجم معين ، كان عليهم أن ينقلوا مراصدهم بشكل منتظم ، وذلك للتغلب على مسألة دوران الأرض إن مراقبة السماء والتوقعات النظرية كانا ضمن مرجع مقارنة اعتبرت فيها النجوم البعيدة غير ذات حركة عرضانيه . منذ خمسين عاماً طرح السؤال التالي : كيف يمكننا اعتبار النجوم البعيدة ثابته ؟ لقد تعلمنا الآن أن نكون أكثر حرصاً ، لأن هذه النجوم تبدو ثابته ولكنها في حقيقة الأمر تبتعد عنا باستمرار وبصورة مباشرة . فالأمر المهم إذاً هو عدم وجوب وجود حركة تناظرية دورانيه في مرجع مقارنة مرتبط بالنجوم البعيدة .




كنتيجة للحسابات التي قام بها لوفيرييه « Leverrier » والمبنية على الحركة غير المنتظمة لكوكب اورانوس أمكن اكتشاف كوكب نبتون عام ١٨٤٦ وكذلك اكتشاف أحد أقماره . لقد توقع ادمس « Adams » قبل عام من التاريخ المذكور وبصورة مستقلة وجود هذا الكوكب ولكن نتائج حساباته قد أهملت

ولما كانت هذه النجوم قد استعملت ولمئات من السنين كمعيار لمراقبة مدارات الكواكب لذلك لا يبدو أمراً غريباً أن نعتبرها مرجع مقارنة ولكنه مدهش من الوجهة النظرية ويمثل نقطة مميزة في موضوع الكون الحقيقي . فالتوقعات النيوتنية قد أنجزت بالنسبة للمرجع العطالي المذكور سابقاً وأيدت التجارب ذلك ولكن دون الاشارة إلى ثبات النجوم النائيه . إن مثل هذه المراجع هي المراجع التي تصح قوانين نيوتن فيها والتي يمكن تحديدها بأجهزة تجريبية وبدون أي علاقة ظاهرة مع النجوم الثابته . لقد برهن جان فوكو (Jean Faucault) في عام ١٨٥١ » وبوساطة نواس ذي خيط طويل معلق بنقطـة ثابتة وله حرية النوسان جيئة وذهاباً وحيث جعلَ هـذا النواس

ينوس بدون دوران ابتدائي بربطه جانبياً بخيط يحرق فيما بعد » أن مستوي النوسان سيدور ببطء بالنسبة إلى سطح الأرض وإذا أبقينا منظارنا مثبتا في مستوي النوسان ودائراً مع النواس فسنجد أننا لم نزل فقط عقبه دوران الأرض لأجل الرصد بل حصلنا أيضاً على إطار مرجع تسري فيه قوانين نيوتن بدقة .

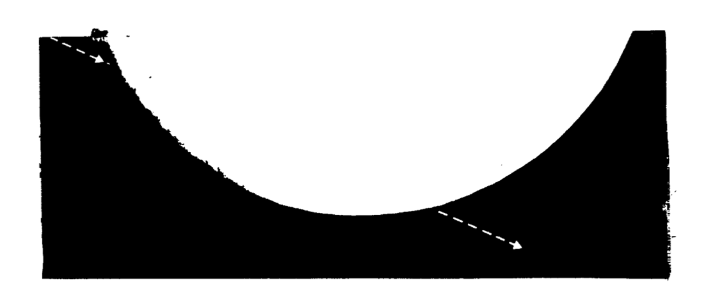


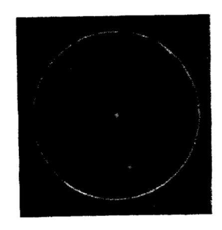
يشير السهم المبين في الشكل إلى أحد أقمار نبتون



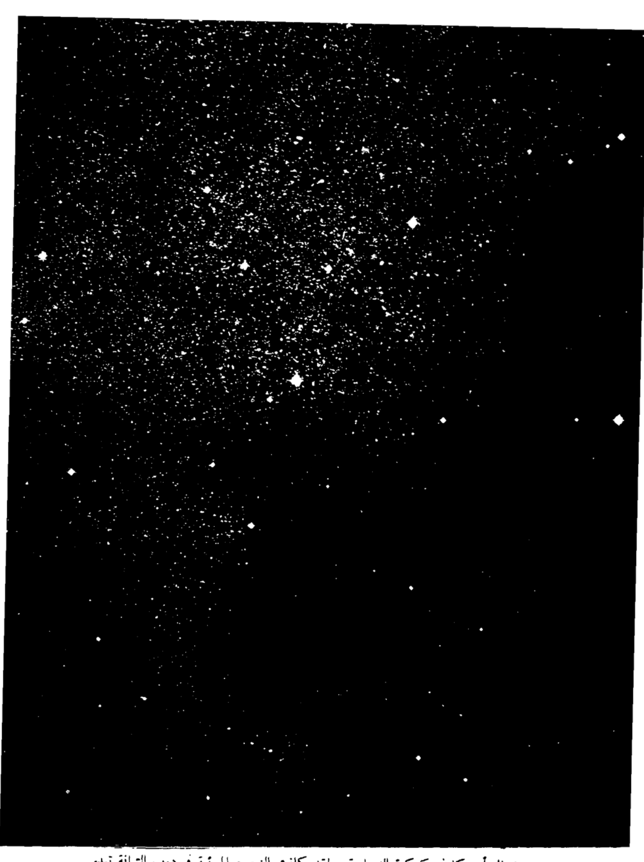
تمكن فوكو « FouCault » من اثبات دوران الأرض حول نفسها بوساطة تجربته الشهيرة التي أجراها في إحدى كنائس باريس عام ١٨٥١ . عندما تدور الأرض حول محورها يتغير مستوي نوسان النواس بالنسبة إلى مقياس مثبت على الأرض.

لم نذكر هنا أي شيء عن النجوم البعيدة في حين عينا مرجعاً اعتبرت فيه هذه النجوم البعيدة ثابته فلا بد عندئذ من وجود علاقة ما بين المراجع المحلية والمادة البعيدة ، ونظراً لصعوبة الافتراض بأن اختيار المرجع سيؤثر على المادة البعيدة فسنجد أنفسنا مدفوعين لأخذ





يمر كوكب عطارد ثلاث عشرة مرة في كل قرن ما بين الأرض والشمس ويبدو حيئنذ من الأرض كبقعة سوداء صغيرة في قرص الشمس مما يدل على أنه لا يمتلك غلافاً جوياً وقد ظن في الماضي بأن هنالك قوى مد يجزريه – متعلقه بالمد والجزر–تبقي أحد وجهي عطارد باتجاه الشمس بصورة دائمة مما يشبه حركةالقمر أيضاً بالنسبة للأرض.إنالقياسات الرادارية الأخيرة .... عطارد يدور حول نفسه مرة في كل مدار . أما مدار كوكب عطارد فهو عبارة عن قطع ناقص دائر بالغنا في رسمه في الشكل



سديم شمال أمريكا في كوكبة الدجاجة . لقد كانت النجوم المرئية في درب التبانة تبدو
محاطة بغيوم سديمية شاحبة . ومع التطور الكبير للمراصد أصبحنا قادرين على
ادراك وجود الاف النجوم في هذه المناطق

وجهة نظر الفيزيائي الألماني أرنست ماخ « Ernst Mach » عام ١٨٩٣ القائلة بأن المراجع المحلية يجب أن تعين حسب توزع وحركة النجوم البعيدة.

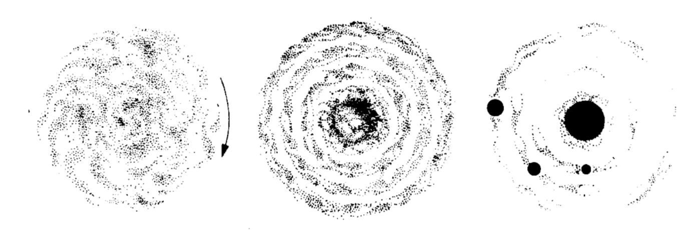
كيف يمكن للنجوم البعيدة بالنتيجة أن تقرر عمل قوانين الفيزياء على سطح الأرض ؟ لفهم ذلك بصورة أحسن سنعود إلى الملاحظات الفلكية التي أجريت في القرنين الثامن عشر والتاسع عشر .

ما وراء النظام الشمسي :

عندما ننظر إلى السماء بالعين المجردة تبدو النجوم غير موزعة بانتظام على صفحتها ولكنها تشكل جسراً يخترق السماء في المنتصف ؛ إنه درب التبانه ، ولا يظهر في الحقيقة سوى عدد ضئيل نسبياً من النجوم في الاتجاهات الأخرى . بالطبع لم يكن من المعروف دوماً أن درب التبانة يتألف من النجوم وقد شغلت المناقشات حول طبيعة درب التبانه المفكرين ردحاً طويلاً من الزمن ، لقد أعار الفلكيون بصورة عامة استنتاجاتهم حتى منتصف القرن الثالث عشر اهتماماً ضئيلاً .

لعل من أبرز المساهمات الفلكية في هذا المضمار هي مساهمة ايمانويل كانط (Immanuel kant) من خلال كتابه الهام الأول « نظرية السماء » — Theory of-The heavens — عام ١٧٥٥ . وفي الحقيقة لا يوجد أي شك في أن العلوم الكونية الخاصة بنيوتن وكوبرنيق كان لها الأثر الأكبر في مساهمات كانط . لقد صاغ كانط ما عرف فيما بعد باسم فرضيات كانط — لابلاس « (kant - la Place hypotheis) التي تهتم بنشأة النظام الشمسي وتقول بأن النظام الشمسي قد تشكل من غيمة دائرة من الغاز تبعثرت

عنها الكواكب (وذلك يشرح كون الكواكب تقع جميعاً في مستوٍ واحد) وأن بقايا هذه الغيمة أصبحت شمساً . طبق كانط أيضاً نفس الفكرة على مجرة درب التبانة الذي فسره توماس رايت (Thomas Wright) قبل خمس سنوات من ذلك على أنه نظام للنجوم ، ولم يكتف كانط بهذا القدر بل اعتقد أن أبعد السدم ربما كانت في حقيقتها تجمعات من النجوم لها نفس نوع مجرتنا « درب التبانة » . لم يكن كانط في هذا المضمار سباقاً فحسب بل أن المسألة الكونيه ، وهو أمر يستحق الذكر قادته إلى نظريته في المعرفة وإلى « النقد ذو التعليل المجرد »
– Critique of pure reason –



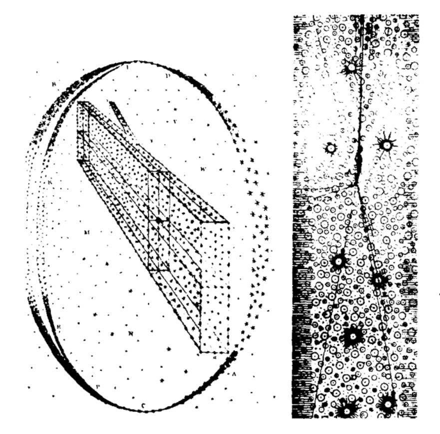
اعتقد كانط « Kant » أن النظام الشمسي ابتدأ كغيمة ضخمة من الغاز ابتدأت بسبب تقلصها الثقالي بالدوران وقد تباعدت فيما بعد حلقات من الغاز عن المركز ثم تكثفت مشكلة الكواكب

إن أفكاراً كأفكار كانط قد رفضت من قبل الفلكيين في حينه إلى أن رسم السيروليام هيرشل (William Herschel) خارطة لدرب التبانة معتمداً ولسوء الحظ على افتراضات لها أساس ضعيف . ابتدأ هيرشل بالإضافة إلى ذلك بعمل تصنيف للنجوم المضاعفه (وهي

عبارة عن نجمين يدور كل منهما في حقل جاذبية النجم الآخر (حيث كان يأمل في استخدام هذه المعلومات في قياس المسافات . وقد أنجز في نفس الوقت قياسات لنجوم متفاوتة اللمعان مفترضاً أن « اللمعان الأصيل » (intrinsic brightness) لجميع النجوم واحد ، وهكذا فان مسافة النجم متناسبة مع مقدار الخفوت ، حيث يزداد مقدار المسافه حسب رأي الفلكيين بانخفاض لمعان النجم مما يتضمن بأنه كلما كان النجم أخفت كان أبعد . ونحن نعلم بأكثر من دليل أن ذلك غير صحيح ؛ فعلى سبيل المثال تتفاوت نجوم الثريا في لمعانها وتتساوى تقريباً في بعدها عن الأرض . إن هيرشل عندما رسم مخططاً لدرب التبانه افترض أن النجوم موزعة بانتظام في الفراغ وأنه يستطيع أن يخترق بمنظاره درب التبانة ليصل إلى أقصى المناطق فيها فأحصى عدد النجوم في اتجاه واحد مما أعطاه فكرة عن عمقها في الاتجاه المرصود .

ولكن فيما بعد وعندما استخدم هيرشل منظاراً أكبر اكتشف أنه لا حدود لانتشار النجوم واكتشف أيضاً قدراً أكبر من طبيعة السدم .

لقد قضى هيرشل جزءاً كبيراً من حياته مأخوذاً ومفتوناً بالسدم ومراقباً لها ومكتشفاً إياها واستفاد كثيراً من فهرس شارل ميسييه للنجوم (١٧٣٠ — ١٨١٧) حيث حاول التحقق من رأي ميسييه بأن السدم عبارة عن نجوم منفردة ، ولكنه في عام ١٧٩٠ وجد سديماً مؤلفاً من نجم مركزي محاط بغلاف غازي . هذا الاكتشاف زعزع ثقته في صحة افتراضاته ولم يدرك في حينه أن منظاره لم يكن كبيراً بالقدر الكافي بحيث يستطيع أن يحلل هذا « الغاز » وأن لا بد له من منظار أكبر .



يمثل الشكل الأيمن تصور توماس رايت لمجرة درب التبانه كما ترى من النقطة آ حيث
تختلف أحجام النجوم ولكن هذه النجوم تبدو متراصة إلى حد كبير على الرغم من
المسافات الشاسعة التي تفصل بينها . يمثل الشكل الأيسر تصور هيرشل
لمجرة درب التبانة وقد طبع ذلك عام ١٧٨٤ إن مراقباً من
الأرض يرى مجرة درب التبانة ا ب كحزام من النجوم ا ب
حـ . تختلف من حيث الكثافة حسب اتجاه النظر
ويرى هذا المراقب فرعاً اضافيا فيها هو هـ ن
يرى لامعاً (هـ و و هـ)

استمر الأمر على هذه الحال إلى عام١٨٦٧ حيث حصل تقدم علمي كبير على يد الأمريكي كليفلاند آبي (Cleve land Abbe) الذي افترض وبصورة صحيحة كماسنرى الآن مستعيناً بفهرس السدم والتجمعات النجمية (Ca ta logue of Nebulae and clusters of Stars) لهرشل أن التجمعات النجمية العادية تنتمي إلى درب التبانه وهي أقرب الينا من النجوم المتوسطة التألق والمنتمية إليها أيضاً . وافترض أيضاً أن السدم وبصورة خاصة

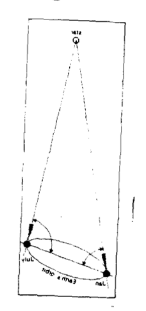
تلك التي لا يمكن تحليلها إلى نجوم منفرده تقع خارج المجره ، هذه المجرة التي تتألف بصورة أساسية من النجوم . أما السدم فهي بدورها « مجرات تبانه » وهذا ما يتفق تماماً مع رأي كانط . بالرغم من ذلك أو لربما بسببه رفض الفلكيون هذه النظرية الكونيه واستمر الجدل حتى نهاية القرن التاسع عشر ولم ينته تماماً حتى أوائل العشرينات .

وكان رفض الفلكيين لفكرة الجزر الكونية المنتشرة عبر الفضاء والتي يشكل درب التبانه الذي نعيش فيه أحدها مبنياً بصورة مبدئيه على وجهة النظر القائلة بأن السدم تبدو صغيرة بالمقارنه مع درب التبانة . بالطبع إن حجم السدم الصغير هذا يمكن أن يفسر الآن بالمسافة الأكبر التي تفصل السديم عنا مما ظن الفلكيون آنئذ ، وبالإضافة إلى ذلك فقد وجه الفلكيون انتقاداً آخر مبنياً على اقتصاد الفرضيات وعلى عمل هارلو شيبلي (Har low Shapely Work) عام ١٩١٩ حول أبعـــاد مجرة درب التبانه ، وهو أن في درب التبانة متسعاً حتى للسدم الحلزونيه الكبيرة ، وقد استمر الجدل حول هذا الموضوع إلى العشرينات من هذا القرن عندما اكتشفت بعض الطرق لتقدير المسافات ، مما أنهى المشكله.

وفي الحقيقة فان من الضروري فعلاً ذكر شيء ما عن الطرق التي يستطيع علماء الفلك بواسطتها تعيين المسافات حيث أنه من الأهمية بمكان رؤية كيفية هذه التقنيات في علم الكون . فالمسافة تكون دقيقه بقدر ما تكون طريقة تحديدها دقيقه . ولا بد من الاشارة في هذا المجال إلى أن طرق تحديد المسافات للأجسام البعيدة تختلف عن طرق تحديد المسافات للأجسام القريبة ولا نحتاج إلا لقليل من الحرص لنقرر فيما اذا كان علينا بالفعل استخدام نفس طريقة قياس المسافة لكلتا الحالتين .

فمن أجل المسافات غير البعيدة جداً تستخدم طريقة اختلاف مكان الرصد (Parallax) فاذا رصد النجم من نقطتين تفصلهما مسافة معروفة فان زاوية الرصد لن تكون متساوية لكلا النقطتين ويمكن بواسطة حل المثلث الواصل ما بين النقطتين والنجم معرفة بعد النجم ، إن أهم ما نحتاجه هو قاعدة مناسبة لهذا المثلث وكلما ازداد النجم بعداً تطلب الأمر قاعدة أكبر وإلا فان علينا قياس زاويتين قريبتين من بعضهما بحيث يصبح الأمر مبهماً :

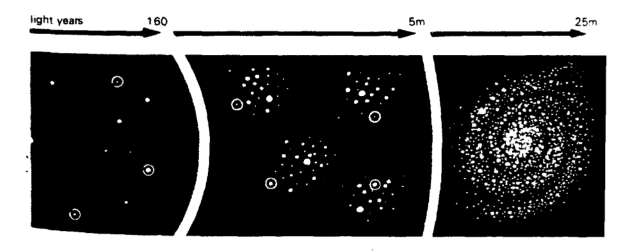




إن طريقة اختلاف الرصد محصورة بالنجوم التي لا يتجاوز بعدها حوالي ١٦٠ سنة ضوئية . ويوجد ضمن هذا المدى العديد من النجوم المتحولة مما يمكن من معرفة نجوم متحولة أخرى تبعد عنا بمقدار ٥ ملايين سنه ضوئيه . إن ذلك يعطينا البعد الفاصل عن مجرات متعددة وعن نجوم لامعة في هذه المجرات مثل M31 في اندروميدا . إن المقارنة ما بين الم النجوم في المجرات مثل M81 في الشكل تفسح المجال أمام مقياس المسافة ليصل إلى ٢٥ مليون سنه ضوئية (الشكل)

طريقة اختلاف الرصد : إذا وقع النجم على مسافة بعيدة جداً بلغ مجموع زاويتي القاعدة ١٨٠ درجة أما إذا وقع على مسافة أقرب فسيكون هذا المجموع أدنى من ذلك وستمكن من حساب المسافة الفاصلة عن النجم بدلالة قطر مدار الأرض.

يشكل سطح الأرض قاعدة جيدة لتعيين بعد الشمس وإن اجراء العديد من القياسات طوال العام يمكننا من رسم مدار الأرض بصورة دقيقه تماماً وعندما يتم تعيين هذا المسار نحصل على قاعدة أنسب بكثير من القاعدة السابقة وهي أطول قاعدة يمكن أن نحصل عليها ألا وهي المحور الرئيسي لمدار الأرض حيث يستطيع الفلكي حينئذ رصدَ نجم ما من مرصد واحد في منتصف الشتاء وفي منتصف الصيف ولايختلف الأساس النظري في هذه الحالة وإنما يختلف المقياس فقط .



إن المسافة التي تفصل السدم أكبر من أن تعين بطريقه اختلاف مكان الرصد ولكن طالما بقيت هنالك مسافات سدم كثيرة غير معينه تطلب الأمر طريقة جديدة لإجراء هذا التعيين وإن هذه الطريقة الجديدة تستطيع تقدير مسافات تجاوز المسافات التي تقررها طريقة « اختلاف مكان الرصد » ولكن لا يفترض أن تكون متطابقة معها .

لاحظ العلماء وجود نجوم عدة ضمن المنطقة التي يمكن استخدام طريقة اختلاف مكان الرصد فيها ، هذه النجوم تظهر تغيراً دورياً في الشده ، وبالإضافة إلى ذلك فان اللمعان الوسطي لكل واحـــد

من تلك النجوم ، (التي أطلق عليها اسم النجوم المتحولـة Cepheid Variables) فيما بعد) وخلال دور معين يتغير عكساً مع مربع مسافته ، ويمكن أن يعزى تغير اللمعان إلى المسافة إذا كانت جميع النجوم ذات الدور الواحد لها نفس الشدة المطلقة .

لقد اكتشفت في عام ١٩٢٢ بعض النجوم المتحولة في احدى المجرات الحلزونية . وبعد عام من ذلك اكتشف النجم المتحول الأول في مجرة المرأة المسلسلة وصنف هذا النجم بـ M31 . إن تغير سطوع M31 نموذجي تماماً ولذلك فمن المنطقي الافتراض بأن له نفس الشدة المطلقه للنجوم (المتحولة) القريبة منا وبسبب هذا الافتراض أمكن تعيين بعد هذه المجرة بدلالة شدة النجوم المتحولة الملحوظه فيها .

إن هنالك عائقاً كبيراً يحد من انتشار طريقة النجوم المتحولة ، وهو أن هذه النجوم في كثير من الأحيان تكون خافته بحيث لا نستطيع تمييزها في سديم نرغب في تحديد بعده . افترض إدوين هابـل (Edwin Habble) ما بين عامي ١٩٢٣ – ١٩٢٥ ، من أجل تقدير مسافات سدم أخرى ، أن المع النجوم في سديم ما له نفس الشدة المطلقه لهذا السديم . وبهذا الافتراض وبعد تحليل أشد النجوم لمعاناً في سديم ما يستطيع المرء أن يقارنه باللمعان الملحوظ لألمع النجوم في مجرات معينة في مجرة المرأة المسلسلة M31 . أما سبب خفوت اللمعان في المجرة الثانية فيمكن أن يعزى إلى المسافة الأكبر .

إن النتيجة الهامة التي يمكن استخلاصها من ذلك هي التأكيد على فرضية الجزر الكونية ، فالمسافة التي تفصلنا عن السدم أبعد بآلاف المرات من المسافة التي تفصلنا عن أبعد النجوم في مجرتنا . وإن السدم

عبارة عن مجرات تشبه مجرتنا ولها نفس الحجم العام وتنتشر في الفضاء . ويتبع ذلك نتيجة غريبة لشرحها علينا الخوض في تفاصيل قياسات يجريها العلماء حول أطياف النجوم .

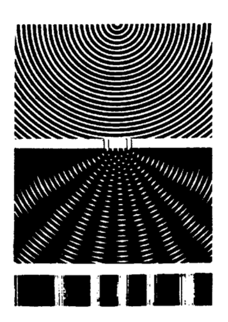


ان سديماً كهذا النوع (The Dumb - bell nebula in Vutpecula) يتألف بصورة واضحة من أجسام متعددة يعتبره هويل كبرى المشاكل في علم الفلك المعاصر ويمكن أن يعطينا دليلا ما حول تشكل السدم .

المعلومات المنتقلة بواسطة الضوء :

عندما يمر الضوء الأبيض عبر موشور فانه يتحلل إلى الألوان المؤلفة له لأن هذه الألوان تنحرف بزوايا مختلفة عند مرورها عبر الزجاج ، وهو نفس الأثر الذي يحدث في قوس قزح حيث نرى شريطاً من الألوان الصافية تبتديء بالأحمر فالبرتقالي فالأصفر فالأخضر فالأزرق ثم البنفسجي ويدعى ذلك بالطيف . وفي الحقيقة فان الموشور لا يزودنا بالطريقة المثاليه لتحليل الضوء ؛ ويسلك العلماء سبلاً أخرى في تحليله كالتداخل الذي يسبب انتشار الألوان في زيت عائم على سطح الماء . إن النتيجة في هذه السبل واحدة .

عندما تثار ذرات عنصر كيميائي معين بوساطة الحرارة على سبيل المثال فان ضوءاً ذا ألوان معينة يصدر وبالتالي عندما نتفحص طيف هذا الضوء لا تظهر لنا حزمة الألوان المستمرة كما في حالة الضوء الأبيض ويبدو بدلاً عنها بعض الخطوط الحادة التي تحدث في نقاط معينه أما باقي الحزمة فترى سوداء . وعندما يمر الضوء الأبيض في غاز معين فان هذا الغاز سيمتص بعضاً من ألوان هذا الضوء وسيتقطع طيف الضوء الأبيض بخطوط سوداء تدعى ألوان الامتصاص وذلك في مكان الألوان الممتصه فيما لو ارتسمت على الطيف في الحالة الطبيعية وهكذا فعند دراسة طيف أحد النجوم يكون الفلكي قادراً على تحديد العناصر المصدرة للضوء في النجم ويكون قادراً من خلال الخطوط السوداء على تحديد المواد الممتصه للألوان الواقعة ما بينه وما بين النجم .

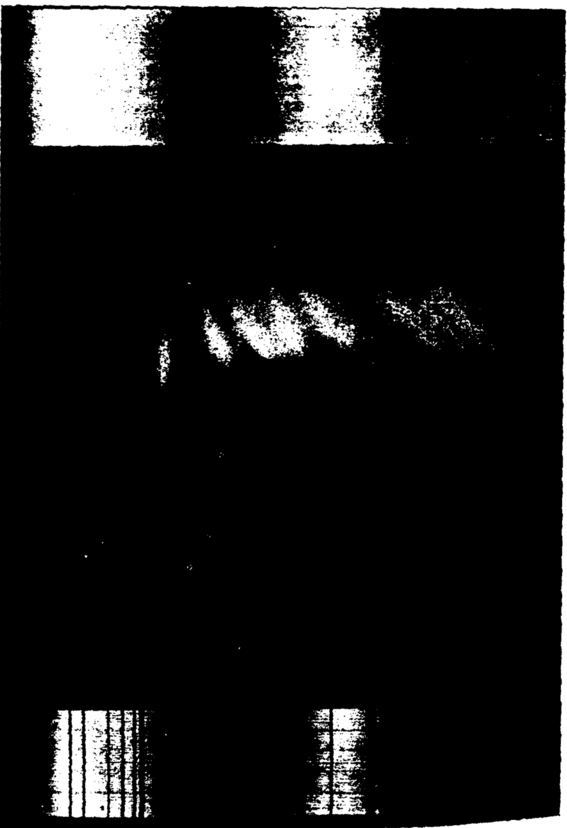


يمكن تحليل الضوء إلى مركباته باستخدام طريقة التداخل حيث تمرر الموجات عبر ثقبين . نتيجة لذلك وبالاعتماد على أطوار هذه الموجات تفني احدى الموجات الموجة الأخرى أو تضخمها

عندما درست أطياف السدم الأكثر بعداً أظهرت أيضاً نفس النموذج العام للنجوم الأقرب مع الاختلاف الغريب التالي : إن هنالك انحرافاً لجميع الخطوط الطيفية باتجاه النهاية الحمراء للطيف ؛ ويعزى ذلك إلى حركة السدم مبتعدة عن الأرض . وعلى أسس من الملاحظة التجريبية لهذه السدم تمكن هابل من القول بأن مقدار الانحراف نحو الأحمر متناسب مع المسافة وقد تطابقت نتائج هذه الطريقة مع نتائج طريقة « النجوم المتحولة » . وهكذا أصبح لدينا الآن بهذه الطريقة امكانية معرفة المسافة التي تفصلنا عن السدم البعيدة والتي لا يمكن معرفتها بالوسائل المتوفرة وتعتبر المسافة حينئذ متوافقه مع قانون هابل . وهكذا ومن أجل المسافات الشاسعة تتشكل لدينا طريقة جديدة لمعرفة المسافة ألا وهي طريقة الانحراف نحو الأحمر ، وبذلك يمكننا رسم صورة أشمل للكون ، وتوافق هذه الصورة ما سبق شرحه في الفصل الأول من هذا الكتاب ، وسنرى فيما بعد أن قانون هابل له دلالات هامة أخرى ، فقد إكتشفت أجسام ذات انحراف طيفي كبير نحو الأحمر ، وحسب تفسير هابل تقع هذه الأجسام على حافة الكون الملحوظ . لقد أصبحت هذه الأجسام الآن على قدر كبير من الأهمية بالنسبة لعلم الكون .



تجمع الثريا في كوكبة الثور ويظهر الشكل تفاوت لمعان النجوم المنفردة



من الأعلى إلى الأسفل : الطيف المستمر للضوء الأبيض ؛ طيف الشفق القطبي الجميل الذي تحدثه الذرات والجزئيات المحرضة في الغلاف الجوي العلوي ؛ طيف ضوء الشمس وقد اعترضه حزم الامتصاص وفي الحقيقة فان من السهل تعيين وجوده في الهالة الشمسية

نحن الآن مستعدون تماماً للقيام بالخطوة التالية حيث أصبح لدينا صورة واضحة وحديثه لتوزع المادة في الكون ولكننا مازلنا نجهل سلوك هذه المادة بمرور الزمن . وفي الحقيقة فان إحدى المسائل الهامة في علوم الكون هي عدم توفر نظرية تشرح سلوك الكون في الماضي وتوضح سلوكه المتوقع في المستقبل وما نعلمه إلى الآن هو مجموعة من الصور غير المكتملة . قبل أن نتابع موضوعنا لا بد أن نستوعب بعضاً من التقدم الكبير للفيزياء الذي حدث في القرن التاسع عشر بما يخص طبيعة الضوء .

الضوء :

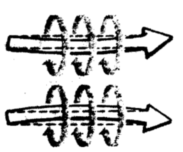
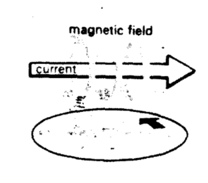
أسست في نهاية القرن التاسع عشر النظرية القائلة بأن الضوء عباره عن اشعاع كهرطيسي وإن مكتشف هذه النظرية يعتبر بحق صاحب الفضل الأكبر في الاكتشافات اللاحقة في الفيزياء التي حصلت في هذا القرن . انه جيمس كلارك ماكسويل — James cherk Maxwell — الذي ولــد في أدمبره « انكلتره » عام ١٨٣١ وأصبح أستــاذاً للفلسفة الطبيعية في آبردين عام ١٨٥٦ واتخذ منصباً مماثلاً في الكلية الملكية بلندن عام ١٨٦٠ وقد أعد خلال ذلك نظريته عن الكهرطيسيه . انتقلَ بعد ذلك إلى كامبريدج عام ١٨٧١ وأصبح الأستاذ الأول للفيزياء . أما كتابه الرائع عن الكهرطيسية فقد طبع لأول مرة عام ١٨٧٣ .

إن نظرية ماكسويل تشرح ظاهرة الضوء بصورة دقيقة لا تحتمل الخطأ بحيث نستطيع أن نؤكد بأن الضوء هو أحد أشكال حل معادلات ماكسويل . إن النتيجة المترتبة على هذه الحقيقة عظيمة الأثر ولفهمها سندقق في عمل ماكسويل . لقد عرفت نظرية التجاذب والتنافر ما بين

الشحنات الكهربائية منذ وقت طويل وقد عرف أيضاً في القرن التاسع عشر بأن الشحنتين اللتين لهما نفس القيمة   وتفصل بينهما مسافة قدرها ر تتدافعان بقوه متناسبة مع المقدار $\frac{ك^{٢}}{ر^{٢}}$ ونحن نستطيع أن نقول « متناسبه مع » لأن وحدة الشحنة لم تكن معرفة بعد . ولكننا ربما نستطيع تعريف وحدة الشحنة الكهربائية بحيث تكون القوة مساوية لـ $\frac{ك^{٢}}{ر^{٢}}$ وسيشكل ذلك نظاماً كهرطيسياً للقياس . لقد أتم ماكسويل عملية التوحيد التي ابتدأها ميشيل فاراداي « Michael Faraday » ما بين هذه النظرية والنظرية المغناطيسية .

لقد ابتدأت مسألة المغناطيسية تاريخياً بمناقشة القوة المتبادلة بين مغنطيسين ، ولكن اتضح في القرن التاسع عشر أن أمر المغنطة ، على الرغم من سهولة احداثه ، هو أمر معقد نظرياً ولا يشكل قاعدة مناسبة لأية نظرية . وعندما اكتشف التيار الكهربائي اتضحت العلاقة التي تربطه بالمغناطيسيه فقد وجد أن التيار الكهربائي الساري بالقرب من بوصلة يحرفها عن وضع الشمال الاعتيادي ووجد أيضاً أن التيارات الكهربائية القريبة من بعضها تؤثر على بعضها بقوى مغناطيسية .

لقد أعطى اكتشاف التيار الكهربائي تعريفاً مرضياً للمغناطيسية على أنها القوة المتولدة ما بين تيارين كهربائيين ، ونجد أنه من أجل تيارين متوازيين تتعلق القوة الجاذبة بقيمة هذين التيارين والمسافة الفاصلة بينهما كما في حالة الدفع الساكن ما بين شحنتين كهربائيتين ، فاذا كان قيمة هذين التيارين هي ں والمسافة الفاصلة بينهما ر تكون القوة المغناطيسية بينهما متناسبة مع المقدار $\frac{ں^{٢}}{ر^{٢}}$ ، إن قوة الكهرباء الساكنه متناسبة بالطبع مع المقدار $\frac{ك^{٢}}{ر^{٢}}$. وهذا يوضح العلاقة ما بين نظم القياس الكهربائية الساكنة والمغناطيسية .

يظهر الشكل الأيمن أن خطوط الحقل المغناطيسي تكون دوائر متمركزة حول التيار
وكنتيجة لذلك تنحرف البوصلة عن موضعها الطبيعي . أما الشكل الأوسط فيظهر
أن التيارين المتوازيين يطبقان على بعضهما قوة جاذبة ناتجه عن حقليهما
المغناطيسيين أما الشكل الأيسر فيمثل جيمس كلارك ماكسويل
صاحب النظرية الكهرطيسية للضوء

إن ذلك ليس أمراً غريباً . فلقد علمنا أن التيار الكهربائي ليس سوى شحنة كهربائية تتحرك بانتظام عبر الفضاء ، أو على امتداد سلك ما ؛ وإذا تحركت هذه الشحنه بسرعة قدرها سر فانها ستنتج تياراً قدره ك سر وستكون قوة الجذب المغناطيسي ما بين تيارين مماثلين هي $\frac{ك^٢ سر^٢}{ر}$. وبعبارة أخرى يبدو واضحاً انه من أجل الإنتقال من نظام الكهرباء الساكنه إلى النظام المغناطيسي يجب علينا الضرب بمربع السرعة ، هنا وعلى الرغم من أننا نستطيع الاستمرار في الشرح إلا أن الأمر سيغدو شائكاً وكثير التعقيد . وهكذا فان واحدة القوى الكهربائية يمكن في الحقيقة أن تحول إلى و' ـه القوى المغناطيسية بالضرب بمربع سرعة الضوء .

نلاحظ هنا مرة ثانية أنه ليس من الغريب وجود سرعة الضوء

في نظرية ماكسويل التامة حيث شرح الضوء بدلالة حقول مغناطيسية وكهربائية متغيرة . وتؤكد نظرية ماكسويل أن لدينا طريقتين مختلفتين لقياس سرعة الضوء تعطيان الناتج نفسه : الأولى هي مقارنة واحدة القوة المغناطيسية بواحدة القوة الكهربائية مخبرياً حيث ترتبط هاتان الواحدتان كما رأينا بمربع سرعة الضوء . أما الطريقة الثانية فهي قياس سرعة الضوء مباشرة عن طريق قياس الزمن الذي يستغرقه الضوء لقطع مسافة معلومه .

يبدو ذلك بمجملة رائعاً ، حتى إذا ماعدنا إلى نيوتن لوجدنا ن قوانينه قد شكلت لتسري في جميع المراجع العطالية ، فهي صالحة في المختبر الساكن وصالحة في القطار المتحرك فمن الطبيعي إذاً أن تسري قوانين ماكسويل في هذه الشروط ، ولكن مشكلة تبرز هنا ؛ إن حساب القوة المغناطيسية بين تيارين يتطلب معرفة سرعة الضوء وربما كانت سرعة الضوء في المختبر معروفة ولكن ماذا عن سرعة الضوء في قطار متحرك . إن قوانين ماكسويل لا تذكر شيئاً عن قياس الضوء في هذا القطار فهل يجب أن تقاس السرعة باتجاه القطار أو باتجاه مخالف أو باتجاه معامد .

لنفترض أن شخصاً يسير بسرعة ثلاثة أميال في الساعة ضمن قطار يسير بسرعة ستين ميلاً في الساعة وبنفس الاتجاه فستكون سرعة الشخص بالنسبة للأرض ثلاثة وستين ميلاً في الساعة وبمناقشة مماثلة ستكون سرعة الضوء المتحرك من مؤخرة القطار إلى مقدمته مساوية لسرعة الضوء مضافاً إليها سرعة القطار . فاذا حسبنا القوة المغناطيسية ما بين تيارين بناء على هذا الافتراض فسنجد أن هذه القوة مقاسة في القطار أكبر منها مقاسة في المختبر وذلك لا ينافي المنطق فقط بل ينافي

الملاحظة التجريبية . فعند قياس القوه المغناطيسية سواء في القطار أو المختبر نجد نتيجة واحدة . ما هو الخطأ في الأمر إذاً ؟ .

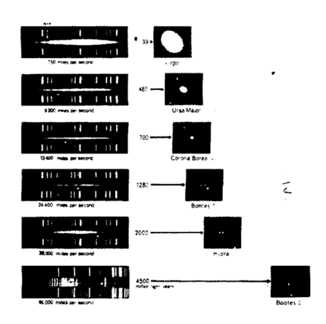
إن من غير المقنع من الناحية الفلسفية اعتبار أن قوانين نيوتن تعمل في شروط معينة وقوانين ماكسويل تعمل في شروط أخرى . إن الطريقة الوحيدة للخروج من هذا المأزق هي ادراك الغرابة التي تكتنف سرعة الضوء ، ولن تكون هنالك أية مشكلة إذا اعتبرنا سرعة الضوء ثابتاً مطلقاً لا يتأثر بسرعة المصدر أو المستقبل ، حينئذ ستعمل قوانين ماكسويل في جميع المراجع العطالية كقوانين نيوتن .

ربما بدت تلك الفكرة مخالفة للمنطق ولذلك شرع العلماء بالتأكد منها تجريبياً . وقد فكر ماكسويل نفسه بقياس سرعة الضوء في اتجاه دوران الأرض حول الشمس وفي اتجاه معامد ومقارنة النتائج . ثم إجراء هذه التجربة عام ١٨٨١ على يد الفيزيائي مايكلسون (A.A. Michelson) ، واعادتها بمساعدة مورلي (E.W Morley) بعد ست سنوات من ذلك .

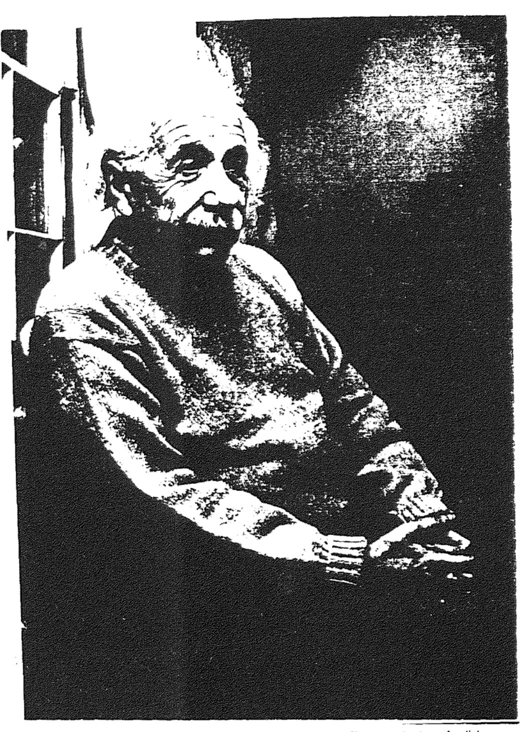
إن هنالك عقبات هائلة تعيق اجراء مثل هذه التجارب على الأرض فالأرض تتحرك بسرعة ٦٦٦٠٠ ميلاً في الساعة ويكافىء ذلك سرعة ١٨ ١/٢ ميلاً فقط في الثانية بينما سرعة الضوء هي ١٨٦٠٠٠ ميلا في الثانية . فاذا كان هنالك ثمة اختلاف في سرعة الضوء في اتجاه دوران الأرض وفي اتجاه معامد فان هذا الاختلاف سيكون صغيراً جداً بالطبع . وفي الحقيقة فان الفرق الزمني المتوقع حسب التجربة هو ١ إلى ... .١٠ ، ومع ذلك فقد استخدم القائمون على التجربة وسائل غاية في الدقة ووجدوا بأنه إذا كانت هنالك أدنى اختلاف في سرعة الضوء حسب الاتجاهين المدروسين فانه أدنى من ١/٤٠ من الفرق الذي يمكن أن يفسر بسبب السرعة الإضافية للأرض في أحد الاتجاهين فقط دون الاتجاه الآخر .

أظهرت هذه التجربة بأن القوانين المحددة لسرعة الضوء تختلف عن القوانين المحددة لسرعة الأشياء الأخرى ككرة المضرب ، وأن سرعة الضوء ثابتة ومستقلة عن كون المنبع أو المستقبل ثابتين أو متحركين. أنقذت فكرة ثبات سرعة الضوء قوانين ماكسويل ولكنها فتحت الطريق أمام مشاكل جديدة .

لقد تمخضت عبقريــة ألبرت آينشتاين « Albert Einstein » عن أن الجواب على المشاكل المطروحة يكمن في مشكلة لا تتعلق بكيفية قياس الضوء ، وذلك كما سنرى الآن قاده إلى صياغة نظريتي النسبية اللتين تجسدان نظرية جديدة للجاذبية الثقالية . إن معرفتنا عن الكون وعن النظريات الكونية ستصل حالاً إلى نقطة انعطاف مذهلة .



يظهر الشكل أطياف بعض السدم حيث يزداد الانحراف نحو الأحمر بازدياد المسافة
أما الطيفين العلوي والسفلي فهما طيفان مخبريان وقد وضعناهما هنا من أجل المقارنة فقط . تدل السهام البيضاء على مدى انحراف خطي الكالسيوم
وتدل الدراسة على أن طيف 3c295 ينحرف بشكل كبير يختفي خطا الكالسيوم نحو اليمين . وإن خطوطاً أخرى يجب أن تستعمل



عندما التقطت هذه الصورة لآينشتاين Einstein عام ١٩٥٤ في منزله في برنيستون
Prinston كان يبلغ من العمر خمساً وسبعين عاماً . وقد كانت برنيستون
موطناً له منذ عام ١٩٣٣ . لقد قضى السنوات العشرين التي سبقت وفاته
في محاولة يائسة لايجاد نظرية توحد الأجزاء المختلفة للفيزياء
الحديثة التي تشمل الثقالة والكهرطيسية وميكانيك الكم

النسبية

إن القفزة الكبيرة التي سنتحدث عنها الآن والتي انبثقت بسبب التضافر المدهش بين التقدم النظري والملاحظة التجريبية ، وهو ما يحدث بين الفينة والأخرى في تاريخ العلم . إن التقدم النظري الذي سنناقشه في هذا الفصل يخص اتحاد فرعين أساسيين من فروع الفيزياء هما الميكانيك (ويشمل ذلك نظرية الثقاله) والضوء . لقد نبع اتحاد العلمين نتيجة لطرح السؤال التالي : ما هي الشروط التي بموجبها يستطيع المرء أن يثبت بأن حادثتين في مكانين بعيدين عن بعضهما هما حادثتان متزامنتان ، أي تقعان في زمن واحد ؟ يبدو للوهلة الأولى أن طرح مثل هذا السؤال ليس سوى افتعال صعوبة لا مبرر لها . إن الزمن في الحقيقة اصطلاح مناسب نستخدمه في ترتيب الحوادث (أي الأوقات التي جرت فيها الحوادث) ونحن نفعل ذلك بالنسبة للحوادث القريبة منا بوساطة ميقاتية اليد أو الميقاتية المائيه أو احدى أدق الميقاتيات الذريه. ولكن مهما تكن دقة الأجزاء الزمنية المقيسة فنحن نظل نرتب الحوادث القريبة في ترتيب معين . أما ترتيب الحوادث البعيدة فيحتاج إلى طريقة أخرى .

يعد آينشتاين الشخص الأول الذي قدر بأن فكرة تزامن الحوادث ليست بسيطة أبداً كما يبدو ؛ وهي أمر يحتاج التعريف ؛ ولأجل ذلك

وضع في عام ١٩٠٥ ما يسمى بالنظرية النسبية الخاصة وهذه النظرية توحد في الحتميه ما بين علمي البصريات والميكانيك ولكنها تستثني الثقاله التي تناولتها فيما بعد نظرية النسبية العامة . ولكي يزداد شرحنا وضوحنا نبدأ بدراسة النظرية النسبية الخاصة .

لنعد الآن إلى مقولة آينشتاين بأن تزامن الأحداث في مسافات بعيدة هو أمر يحتاج للتعيين . وعندما يتمكن المرء من التحقق من هذا التزامن بطرق عملية يستطيع فعلاً أن يقول إن هذه الأحداث متزامنة . تتضمن الطرق العملية هذه بالضرورة نقل المعلومات من منطقه أحد الحوادث إلى منطقه حادث ثان أو من المنطقتين إلى مراقب عام . وإذا ابتدأ المرء بتطبيق هذه الطرق العملية فسيتضح له أن نوع الاشارات المستخدمة له أهمية خاصة . فيستطيع المرء استخدام اشارات مختلفة صوتية أو ضوئية . ونحن نعلم أن نتائجهما ليست متماثلة . وإن استخدام كلا نوعي الاشارات ربما قاد إلى وضع متناقض . عندما يراقب المرء حفّارة للأوتاد عن بعد فسيرى ضرب الوتد قبل سماعه الصوت المرافق له . إن مثل هذا التناقض يمكن أن يعلل بالقول بأن سرعة الصوت تختلف عن سرعة الضوء ويظهر ذلك إذاً أنه ينبغي التركيز على نوع واحد من الاشارات .

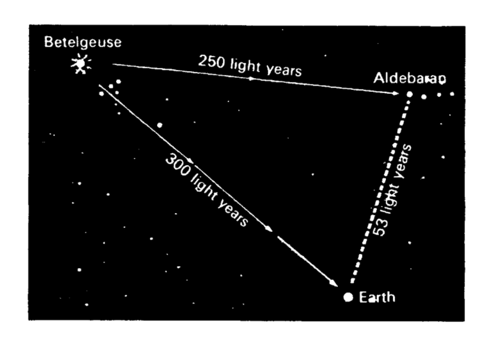
يقدم لنا الضوء الواسطة الأسرع والأنسب في نقل الإشارة حيث يحتل الضوء مركزاً متميزاً في النسبية الخاصة بسبب نتائج التجارب الضوئيه وبسبب كون سرعة الضوء فكرة غير بسيطة وتختلف عن سرعة كرة المضرب مثلاً . لقد تبين لآينشتاين أن كلا المسألتين، أي الغرابة الكامنة في سرعة الضوء والحاجة إلى تعريف التزامن لحادثتين ،

بعيدتين يمكن أن تحلا في تجربة واحدة يستخدم فيها الضوء كواسطة لنقل الاشارة .

لنتخيل الآن أن لدينا مراقبين أحدهما م ساكن في مرجع عطالي ويرصد مراقباً آخراً ب يتحرك مبتعداً عنه في مرجع عطالي آخر (كسفينة فضاء مثلاً) ولنفرض أنهما ضبطا ميقاتيتيهما عندما كان المرجعان منطبقين في مكان واحد . لنفرض الآن أن م أرسل ضوءاً أو إشارات راديوية نحو ب وسجل أوقات ارسالها . هذه الاشارات ستنعكس من ب وسيسجل م أيضاً أوقات العودة . إن فعل الانعكاس سيؤخذ كحادثه جرت عند ب . وهكذا فبتتالي الاشارات سيدرك م تتالي الحوادث عند ب . إن م يستطيع أن يحدد أوقات هذه الحوادث وأوقات حوادث أخرى تجري عند ب إذا توفرت لديه القاعدة التي تربط بين زمني ارسال الإشارة واستقبالها وبين زمن انعكاس هذه الإشارة .

إن مثل هذه القاعدة لا يمكن أن تتعين بصورة تجريبية لأن ذلك يعني وجود وسيلة يمكن بواسطتها محاكمة تزامن الحوادث ، في حين أن هدف البحث هو ايجاد هذه الوسيلة ؛ ومن ناحية أخرى فان هذه القاعدة ليست اختيارية تماماً حيث يتضح جلياً أن الزمن المشير للانعكاس واقع ما بين زمني ارسال الإشارة واستقبالها . وفي الحقيقة اذا اعتبر كل من المراقبين أن الزمن مساوٍ للصفر لحظة ضبط الميقاتيتين وأرسل المراقب م اشارة أولى اتبعها باشارة ثانية بعد زمن يعادل ضعفي زمن ارسال الإشارة الأولى فسيستقبل جواب الإشارة الثانية في زمن يعادل أيضاً ضعفي زمن استقبال الإشارة الأولى وسيكون ب مبتعداً أيضاً بمقدار الضعفين . يبدو من هذه المحاكمة أنه من الطبيعي اعتبار زمن الانعكاس

الثاني مساوياً ضعفي زمن الانعكاس الأول . وبمحاكمات مشابهة يمكن اعتماد قاعدة وحيدة وهي قاعدة بسيطة جداً لتحديد أزمان الحوادث البعيدة . وهي اعتبار أن زمن حادثة الانعكاس هو متوسط زمني الارسال والاستقبال ويسمى ذلك بقاعدة آينشتاين .



يعتبر تزامن الأحداث في مناطق لا تفصل بينها مسافات شاسعة كمناطق على سطح الأرض أمراً واضحاً ولكن هذا الوضع يختلف حينما تفصل بين المناطق مسافات شاسعه وعلى سبيل المثال فان الضوء الصادر عن انفجار في منكب الجوزاء Betelguse لا يصل إلى الأرض وإلى برج الثور في وقت واحد وذلك بسبب التفاوت الهائل في المسافة وسيشيره ذلك إلى توقيت مختلف للحدث

يمكن بهذه الطريقة شرح كل شيء من وجهة نظر المراقب أ ولكن لما كان كل من المراقبين أ و ب يتحركان بحركة نسبيه منتظمه فانهما يجب أن يعطيا أوصافاً متكافئة للظواهر الميكانيكية بسبب كونهما

ثابتين في مرجعين عطاليين . لنفترض الآن أن ب يحمل ميقاتية مماثلة تماماً لميقاتية م ولنفترض ، حتى يكون الأمر أكثر خصوصية، أن م أرسل اشارة نحو ب بعد مضي ثانيه واحدة على التقائهما ولنفترض أن هذه الإشارة بعدما انعكست قفلت راجعة إلى م فحسب قاعدة آينشتاين يمكننا القول إن وقت الانعكاس على ب حسبما يعينه م هو متوسط وقتي الاصدار أي (ثانيه واحدة) ، والعودة . هل يعني ذالك أن ب سيسجل زمن وصول الاشارة من م كما تعطيه القاعدة ؟ يجب الإنتباه جيداً هنا حيث ذكرنا سابقاً أن قاعدة آينشتاين ليست تجريبية بل اصطلاحية في حين أن قياس ب الزمن هو حقيقة تجريبية وهكذا فلا تعطينا القاعدة أي مبرر للافتراض بأن ب سيقيس زمن الإشارة القادمة إليه حسبما حددها م .

وعلى العكس من ذالك فان نظرة أعمق إلى الأمور ترينا أن مثل هذا الافتراض مناف للمنطق . فلنفترض أننا نرى الأمور الآن وفقاً لوجهة نظر ب ولنفترض أن ب لا يحمل معه جهازاً مرسلاً في سفينته الفضائية بل يكتفي بعكس الإشارات الواردة من م . ولنفترض جدلاً أن الزمن المقيس من قبل ب لحوادث الانعكاس مساوٍ للزمن المعين من قبل م لهذه الحوادث وفقاً لقاعدة آينشتاين . إن التكافؤ الكامل ما بين م و ب في جميع المعايير يقضي أن تكون المناقشة المعكوسة صحيحة ويؤدي أيضاً إلى أن الأوقات المقاسة من قبل م للحوادث القريبة منا مساوٍ أيضاً لتقديرات ب عن أوقات هذه الحوادث وفقاً لقاعدة آينشتاين وسنجد أنه من المستحيل لكلا الحالتين أن تتحققا وأن الطريقة الوحيدة للحفاظ على التناظر هو افتراض عدم التحقق .

يعتمد زمن عودة الإشارة المرسلة إلى ٩ ، التي أرسلت في الثانيه الأولى ، على مدى ابتعاد ب وبالتالي يعتمد على مقدار سرعة الابتعاد ما بين ٩ وب .لنفترض على سبيل المثال أن ٩ و ب ينفصلان بسرعة يمكن أن تعيد الإشارة إلى ٩ . بعد مضي ٤ ثوان على التقاء ٩ و ب وعند تطبيق قاعدة آينشتاين من أجل تحديد زمن الانعكاس على ب من قبل ٩ فان ذلك يكون بأخذ متوسط الرقمين ١ و ٤ أي ٢,٥ وبفرض أن ب سيقيس زمن الانعكاس بقدر مساوٍ أي ٢,٥ أيضاً وهذا يعني أن الإشارة انعكست عنده وبدأت بالحركة نحو ٩ عند زمن قيس من قبل ب ومقداره ٢,٥ ثانيه .

لنفترض الآن أن ٩ مراقب متعاون ، وأنه حالما استقبل جواب اشارته الأولى من ب أرسل اشارة جديدة ونظراً لأن ذلك قد حدث بعد مضي ٤ ثوان على التقاء ٩ ، ب أي في زمن مساوٍ لأربعة أضعاف زمن ارسال الإشارة الأولى فسيكون كلاً من ٩ و ب قد ابتعدا أربعة أضعاف المسافة وسيكون زمن الانعكاس الثاني مساوياً أربعة أضعاف زمن الانعكاس الأول أي ١٠ ثوان .

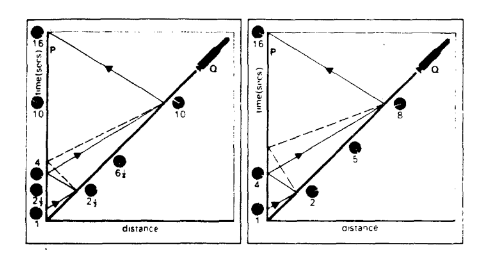
لنفترض أن الإشارة الأولى المنعكسه على ب إلى ٩ والاشارة التالية التي بثت من ٩ يمكن اعتبارهما كاشارة منطلقه أصلاً من ب ومنعكسة على ٩ لتعود إلى ب . يمكن حينئذ باجراء محاكمة مماثلة استخدام قاعدة آينشتاين في تحديد زمن الانعكاس على ٩ وذلك بأخذ متوسط الرقمين ١/٢ ٢ و ١٠ أي ١/٤ ٦ ، ولكننا رأينا سابقاً أن هذه الحادثه قد قيست من قبل ٩ كأربع ثوان . وهكذا فاننا نرى أن الزمن المعين عن بعد وفقا لقاعدة آينشتاين يفوق الوقت المقيس محلياً بقدر كبير (بحدود ٥٠ بالمائة

تقريباً ، ونظراً لأن الاعتبار القائل بأن تعيينات م ستتفق مع قياسات ب قد قاد إلى نتيجة مفادها أن تعيينات ب أكبر من قياسات م . فالتناقض أصبح واضحاً في حقيقة أن م وب متساويين في جميع الاعتبارات . إن اسهام آينشتاين كان بالطبع تعيين الطرق التي يختلف فيها م و ب .

لقد برهن آينشتاين أنه اذا تحرك مراقبان بسرع نسبية كبيرة (تقارن بسرعة الضوء) ، احدهما بالنسبة للآخر ، فانهما سيقيسان الأزمان بشكل مختلف ؛ أما حجم الاختلاف فيعتمد على هذه السرع النسبية . وفي المثال المذكور كانت السرع النسبية مساويه $\frac{٣}{٥}$ سرعة الضوء . لقد أظهر آينشتاين أن تعيين الوقت أو الزمن للأماكن البعيدة سيكون أكبر من قياس الزمن بصورة محلية بمقدار ٢٥ بالمائه . وبعبارة أخرى فسيعين م الانعكاس على ب بمقدار $\frac{١}{٢}$ ٢ ثانيه في حين أن ب سيقيسه بمقدار ٢ ثانيه وسيعين م الانعكاس الثاني على ب بزمن قدره ١٠ ثوان في حين أن ب سيقيسه بمقدار ٨ ثوان وعند تطبيق قاعدة آينشتاين فان ب سيعين عودة الإشارة إلى م بمتوسط ٢ و ٨ أي ٥ ثوان ولكن م قد قاس هذه الحادثة بمقدار ٤ ثوان وسيظهر فرق الـ ٢٥٪ المذكور مرة ثانية .

يجب أن يكون واضحاً أن هنالك طريقة وحيدة للربط ما بين أزمان الحوادث المعينة عن بعد وأزمان الحوادث المقاسة محلياً بما يتفق مع المنطق . إن جميع هذه المناقشة لم تعالج سوى نصف المشكله ويجب البدء الآن بمناقشة النصف الآخر وهو الخصائص الغريبة لسرعة الضوء . في المثال العددي المذكور كانت ب تبتعد عن م .وعين م لحادثة الانعكاس

الأول على ب زمناً مقداره $٢\frac{١}{٢}$ ثانيه فهو سيعين بالتالي المسافة التي تفصله عن ب بما يساوي ($٢\frac{١}{٢}$ ـ ١) × ض = $١\frac{١}{٢}$ ض ، حيث ض هي سرعة الضوء ، وهذه هي المسافة التي يستطيع الضوء أن يقطعها خلال رحلة الإشارة . إن ب قد وصل إلى هذه المسافة خلال زمن مقداره ثانيتان ونصف (حسب ٲ) وهكذا فسيعين ٲ لـ ب سرعة مقدارها $\frac{١\frac{١}{٢} ض}{٢\frac{١}{٢}}$ = $\frac{٣}{٥}$ ض (ولما كان كل شيء متناظراً بينهما فان ب سيقيس نفس سرعة التراجع لـ ٲ) .

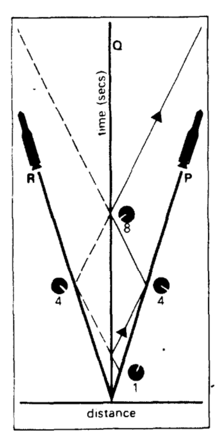


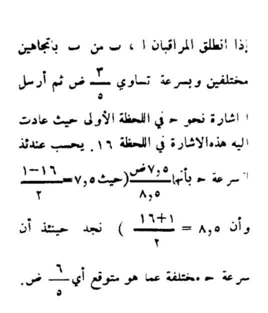
ليكن المراقبان ا ، ب بحيث يبتعدان عن بعضهما في أطر عطالية مرجعه وبحيث يرسلان إلى بعضهما اشارات ضوئيه . يرى على الشكل الأيسر أزمان انعكاس الإشارة على ب عندما يتحرك على مساره كما يحسبها ا وفقاً لقاعدة اينشتاين . إذا قبلنا هذه الأزمان وطبقنا نفس القاعدة نجد أن ب يحسب زمناً مختلفاً للاشارة التالية التي يصدرها ا (الخط المنقط) . وعندما يطبق ب (الشكل الايمن) القاعدة حسب أزمنته الخاصة فانه يعطي زمناً مختلفاً للاصدار .
إن الخط المتصل يربط ما بين الأزمان المسجلة بين كلا المراقبين.

لنفترض الآن أن ب يرصد سفينة فضاء أخرى هي حـ تبتعد عن ب بخط مستقيم مناظر لمنحى ٲ وبنفس السرعة أي $\frac{٣}{٥}$ ض . عندما ينظر نيوتن إلى مثل هذا الوضع فلن يتردد في القول في أن حـ تبتعد عن ٲ بسرعة مقدارها ($\frac{٣}{٥}$ + $\frac{٣}{٥}$) ض = $\frac{٦}{٥}$ ض ولن يتوافق ذلك مع المنطق بسبب أنه إذا كانت حـ تبتعد عن ٲ بسرعة $\frac{٦}{٥}$ض فان حـ لن يلتقط الاشارات القادمة من ٲ وسيكون حـ غير مرئي من ٲ وهذا لا يمكن أن يحدث لأن ب تستطيع أن تتصل بـ حـ وليس من الضروري حينئذ أن تصدر الاشارات عن ب ويمكن أن تأتي أصلاً من ٲ . وأكثر من ذلك فاذا اتبعنا نفس الطريقة التي اتبعناها سابقاً فسنجد السرعة النسبيه ما بين حـ و ٲ ، ومن الواضح أن هذه السرعة ستكون أقل من سرعة الضوء . وهكذا عندما نعين أزمان الحوادث بصورة منطقية نلاحظ الطبيعة الشاذة والمحددة لسرعة الضوء وذلك مفيد بسبب الصعوبات التي تعترض التجارب الضوئية .

ولكن إذا تم تذليل هذه الصعوبات فسيكون ذلك اهانة لآرائنا الطبيعية السابقه وأكثر الاهانات طرحاً ما يتعلق بعمر مسافري الفضاء . لنفترض على سبيل المثال أننا نتعامل مع ثلاثة مراقبين ٲ و ب و حـ ولنفترض أن حـ يسافر بسرعة مقدارها $\frac{٣}{٥}$ ض متجهاً نحو ٲ وقد ابتدأ سفره من مسافة بعيده أما ب فما زال يسافر مبتعداً عن ٲ كالسابق . دعنا نبتدىء بالمراقبين ٲ وب اللذين ضبطا ميقاتيتيهما على الصفر لحظة التقائهما . وحتى نعطي المثال صيغة مفهومة سنستخدم نفس الأرقام التي استخدمناها سابقاً ولكننا سنفترض الآن أن هذه الأرقام تمثل أياماً بدلاً من أن تمثل ثوانياً . فبعد يوم واحد سيرسل ٲ الاشارة الأولى نحو ب

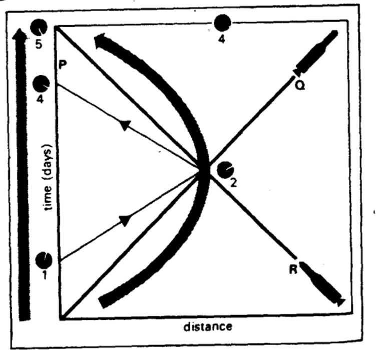
ولنفترض أن ب استقبلها في نفس اللحظة التي كان فيها منطبقاً مع حـ العائد بسفينة الفضاء . إن ب (حسب ميقاتيته) قادر على اخبار حـ بأنه قد غادر ﻫ منذ يومين . وهكذا سيتوقع حـ نفسه أن يصل إلى ﻫ بعد مضي أربعة أيام بعد ساعة الصفر ولكن ﻫ سيعين لقاء ب مع حـ في اليوم $\frac{١}{٢}$ ٢ وسيتوقع وصول حـ إليه بعد ٥ أيام من رحيل ب .




إذا انطلق المراقبان ا ، ب من ب باتجاهين مختلفين وبسرعة تساوي $\frac{٣}{٥}$ ض ثم أرسل ا اشارة نحو حـ في اللحظة الأولى حيث عادت اليه هذه الاشارة في اللحظة ١٦ . يحسب عندئذ ا سرعة حـ بأنها $\frac{٧,٥ ض}{٨,٥}$ (حيث $٧,٥ = \frac{١٦-١}{٢}$ وأن $٨,٥ = \frac{١٦+١}{٢}$) نجد حينئذ أن سرعة حـ مختلفة عما هو متوقع أي $\frac{٦}{٥}$ ض.

تدعى هذه الحالة بتناقض الساعات (على الرغم من عدم وجود تناقض هنا) . يمكن في حقيقة الأمر أن يمثل هذا الوضع وضعاً آخر وهو انطلاق سفينة فضاء في الساعة صفر بسرعة $\frac{٣}{٥}$ سرعة الضوء محلقه في الفضاء إلى مسافة شاسعة ثم متخذة طريق العودة بعد مضي يومين اثنين نحو الأرض . وإذا أهمل التأثير المباشر للتسارعات الحادثة

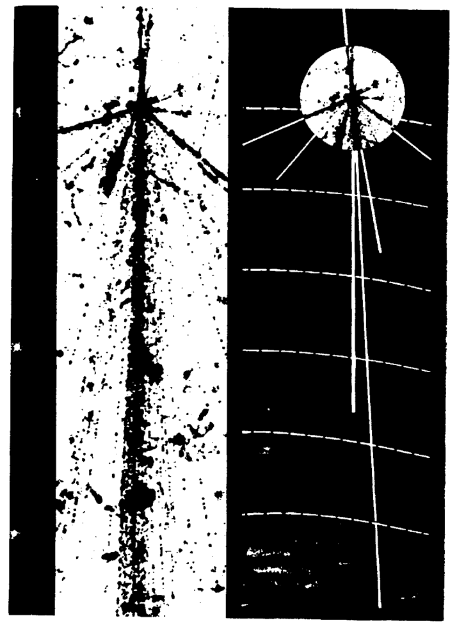
التي نحتاجها من محركات الصاروخ فان نفس الحساب السابق يظهر أن المسافرين على متن هذه السفينه سيكسبون يوماً من العمر بالنسبة للناس الباقين على الأرض . إن هنالك عدة أمور يجب ان تذكر هنا : أولاً من الممكن ترتيب التسارعات بطريقة لا تنعكس على تسجيل الوقت ، ثانياً ، لا يوجد تناقض في النظرية التي تتنبأ بأن عمر المسافر بسرعة قريبة من سرعة الضوء سينخفض عن عمر المراقب الساكن الآخر بسبب عدم وجود تناظر بينهما، حيث أن المراقب الساكن بقي ساكناً في مرجع عطالي طوال الوقت ولكن المسافر لم يفعل ويستطيع هذا المسافر أن يدعي بأنه قضى تقريباً كل نصف من الرحلة في مرجع عطالي.



التناقض في الساعات : إذا ضبط حـ ميقاتيته عندما مر بـ ب حسبما تشير إليه ميقاتية ب ب في الفضاء . فانه سيقدر زمن وصوله إلى ا في اليوم الرابع أما ا الذي عين زمناً مختلفاً للقاء بين ب، حـ مساوياً ليومين ونصف فسيقدر زمن وصول حـ إليه في اليوم الخامس وهكذا فالمراقب الذي تحرك اعتباراً من وضع السكون في مرجع عطالي وعاد إلى وضع السكون في نفس الوقت قد تأخرت شيخوخته أكثر من مراقب ظل في وضع السكون طيلة الوقت

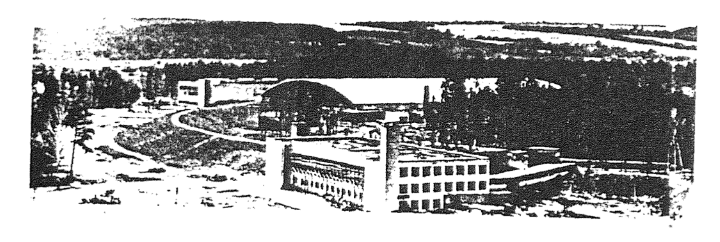
ثالثاً ، هنالك سؤال يطرح نفسه : ما الذي يشاهده المرء مميزاً عما تتنبأ به النظرية ؟ فاذا كان الأمر يخص العمليات البيولوجية فلا يوجد هنالك دليل تجريبي على أن عمر الإنسان يتبع نفس قوانين الزمن التي تستخدم في الفيزياء ، ولما كان طول العمر مسألة تخص فناء الخلايا وتولدها فان من المدهش حتماً أن يتبع قوانين زمن أخرى . وإذا رغب المرء في تبني وجهة النظر هذه ليتفادى فرق طول العمر لدى مسافري الفضاء فلا يوجد حتى الآن أي شيء لدحض ذلك .

تختلف المسألة تماماً عن العمليات الفيزيائيه الصرفة وسنقدم دليلاً تجريبياً وافياً لما يسمى تمدد الزمن ؛ إن أكثر الأدلة وضوحاً تأتي من الأشعة الكونيه وإن الوابل الرخو الملحوظ على سطح الأرض مؤلف بصورة أساسية من الميوميزونات (Mu Mesons) وهي جسيمات مشحونة ذات كتلة تبلغ مائتي ضعف كتلة الالكترون ، وهي جسيمات معروفة بصورة جيدة في المختبر . وهي جسيمات غير مستقرة على الرغم من أن حياتها أطول من حياة معظم الجسيمات الأخرى) . أما فترة حياتها التي قيست في المختبر فتبلغ حوالي جزء من مليون جزء من الثانيه فاذا علمنا أن هذه الميوميزونات تصدر عن طبقات الجو العالية التي تبعد عن سطح الأرض ما يقارب السته أميال وعلمنا أن ميكانيك نيوتن العادي لا يسمح لها إلا أن تقطع مسافة ٦٠٠ ياردة خلال فترة حياتها حتى لو سارت بسرعة الضوء . إن هذه الميوميزونات تسير بسرعة تقارب سرعة الضوء مما يبطيء من شيخوختها . لقد رأينا سابقاً أنه من أجل سرعة مقدارها $\frac{٣}{٥}$ ض تبطيء الشيخوخة بمقدار ٢٠ بالمائة ؛ وبصورة مشابهة ، فمن أجل السرع المقاربة لسرعة الضوء يكون التباطؤ أكبر وهو بحدود ٩٠ ٪ بالنسبة للميوميزونات مما يشرح ملاحظه الكثير منها على مستوى سطح البحر .



إن هذا الشكل قد طبع على طبقة حساسة محمولة على منطاد يصاعد في الغلاف الجوي
للأرض أما الشكل الأيسر فيمثل اصطداماً يحدث بين النوى في الغلاف الجوي
للأرض ينتج عنه وابل من الميوميزونات Mu - mesons التي تسير
بسرعة تقارب سرعة الضوء . أما الشكل الأيمن فيمثل تحللا لها
يحدث خلال فترة وجيزة لا تزيد على اثنين من مليون من
الثانية تستطيع أن تقطع خلالها ٦٠٠ ياردة . إن
وجود السرعة العاليه يجعل الزمن يتباطأ
مما يسمح للميوميزونات بالوصول إلى
الأرض بأعداد كبيرة وقد
قطعت بذلك عشرة أمثال
المسافة السابقة

نشر آينشتاين النظرية النسبية الخاصة ، والتي هي بصورة جوهرية ما نحن بصدده الآن ، عام ١٩٠٥ . أما تفاصيلها الرياضية فقد نشرت لوحدها قبل عام من ذلك من قبل لورنتس (loren-tz) . وقد ظهرت أيضاً عام ١٩٠٥ نشرة مماثلة وضعها بوانكاريه (poin caré) فمن العدالة القول اذاً أن هذين العالمين لهما نفس وجهة النظر التي فصلناها ويكون آينشتاين هو الشخص الأول الذي أدرك المعنى الفيزيائي العام للتحويلات .



يظهر الشكل الأعلى مسار سنيكترون ضخم في سيربيركوف -Serpur khov- في الاتحاد السوفيتي تحت ساتر أرضي . يستطيع هذا السنيكترون تسريع البروتونات إلى سرع تقارب سرعة الضوء . ويظهر الشكل الأدنى جزءاً من انبوب مفرغ تسرع ضمنه البروتونات إلى حالة عالية نهائية من الطاقة .

علم الميكانيك ونظرية النسبية :

يجب على خطوتنا التالية أن تربط بين جميع ما درسناه وبين علم الميكانيك ، وحينما نحاول التوفيق بين هذه الآراء والميكانيك بصورة عامة وذلك لفت الانتباه إلى أهم أجزاء الميكانيك التي ناقشناها حتى الآن ألا وهي الثقالة فان السؤال الذي يتوارد إلى الأذهان هو مقدار التعديل الذي يمكن أن يطرأ على تعريف التسارع في نظرية نيوتن . إن لدينا طريقة وحيدة للشروع في ذلك فنحن نعلم ، على الأقل من أجل السرع الصغيرة بالمقارنة مع سرعة الضوء ، أن ميكانيك نيوتن دقيق تماماً وبالتالي فلكي يمكن تعميم هذا الميكانيك يجب علينا أن نتأكد من أن تقريب السرعة الصغيرة هو نيوتني .

ومن ناحية أخرى لا بد أن تكون هنالك بعض التغييرات عندما تزداد السرعة ، فالتسارع يمكن أن يرتبط إما بالسرعة الإضافية أو بتغير السرعة المرتبطين بالقوة الفاعلة . إن كلا هذين المفهومين المرتبطين تماماً وبصورة نموذجية بميكانيك نيوتن لا بد أن يختلفا هنا ، فعندما تؤثر قوة على جسم فان سرعة اضافية ستضاف إلى سرعته الأصلية . هذه السرعة ربما لا تشكل أي فرق إذا كانت السرعة الأصلية قريبة من سرعة الضوء . لقد طرح نيوتن فكرة الثابت العددي الذي أسماه الكتلة ليقيس المدى الذي يقاوم به الجسم أفعال القوى ولما كان تغيير السرع القريبة من سرعة الضوء أمراً صعب التحقيق فان ذلك يظهر ازدياداً في الكتلة الظاهرية عندما تكون السرعة عالية .

وفي الحقيقة فان استخدام كلمة التسارع لقياس السرعة الإضافية أو لقياس معدل ازدياد السرعة ، هو مسألة ملاءمة فقط . إن الحل

الملائم لا يتمثل في هذين الأمرين لأنهما يعتمدان وبصورة معقدة على السرعة الأصلية للجسم ، وذلك مر بك ، لأن السرعة بحد ذاتها مقيسة بالنسبة لمراقب معين وتختلف كما يختلف التسارع عند اختلاف المرجع العطالي للمراقب .

وفي الحقيقة ، فبالنسبة لقضية اختلاف الحركة وفقاً للمراقب ، لا بد من وجود وضعية معينة لهذا المراقب في كل لحظة من اللحظات تجعله يستطيع اعطاء وصف قيم للحركة ، أكثر مما يعطيه غيره . هذا المراقب هو بالطبع المراقب الذي يتحرك بنفس سرعة الجسيم المتحرك لحظة دراسة الحركة وبالتالي يكون الجسيم المتحرك بالنسبة له ساكناً . إن وصف هذا المراقب له قيمة خاصة لأننا نعلم بأنه كلما انخفضت السرعة كلما طبقت قوانين نيوتن بدقة أكبر ، وبناء عليه فان أفضل تطبيق لميكانيك نيوتن يكمن في المرجع العطالي الذي يكون فيه الجسم ساكناً ويدعى ذلك بالطبع المرجع الساكن . نستطيع بعد ذلك تعريف التسارع في المرجع الساكن . وهو تسارع نيوتن . وبالطبع فليس من الضروري دوماً تشكيل مرجع ساكن في كل لحظة من اللحظات حتى نتمكن من حل المشاكل في الميكانيك ، فبامكاننا وعن طريق استخدام بعض التحويلات الجبرية ايجاد بعض الصيغ التي نستطيع بواسطتها تقرير حركة الجسم بتأثير قوى معطاه أي في أي مرجع عطالي ولكن يجب الإنتباه إلى الشروط المحددة التالية ، أي إلى ضرورة استخدام المرجع العطالي ومعرفة القوى فيه وحتى يتم ذلك فان علينا ايجاد صيغ بديلة الجداء ك س لجسم ذو كتله ك يتحرك بسرعة قدرها س وذلك في الميكانيك النيوتني .

إن الطريقة المثلى لاكتشاف هذا الجداء هي دراسة تصادم كتلتين ، ثم مقارنة النتائج عبر مراقبين متحركين بحركة نسبية منتظمة . وبالنتيجة نجد أن تعريف الجداء ك سر يصبح $\frac{ك\ سر}{\sqrt{١ - سر^{٢} / ض^{٢}}}$. إن هذا التركيب يتفق كلية مع التركيب النيوتني . فاذا كانت قيمة $\frac{سر}{ض}$ صغيرة جداً كان الناتج قريباً جداً من ك سر . أما إذا ازدادت السرعة سر فسيأخذ التركيب الجديد قيمة أعلى وإذا استخدم المرء طريقه الصدم . والتي هي من احدى طرق قياس الكتله في المختبر ،لقياس الكتلة فسيلاحظ أن زيادة الجداء ستعطي زيادة في الكتلة أي أن الكتلة المقيسه هي :

$\frac{ك}{\sqrt{١ - سر^{٢} / ض^{٢}}}$. ولن تكون الكتلة حينئذ مقداراً ثابتاً كما في ميكانيك نيوتن .

تتعرض آراؤنا السابقة هنا مرة ثانية إلى مأزق . بسبب الصفة الضيقة جداً لتجربتنا اليومية ، ولكن ليس هنالك في الحقيقة أي تعارض مع المنطق ، فنحن نفكر غالباً بالكتلة وفقا للمصطلح النيوتني على أنها مقدار ما تجمع في الجسم من مادة . أما من أجل تحديد قيمتها العددية فلا بد من اعتماد طرق تجريبية ، ولا يبرر ازدياد الكتلة فقط بالصور الفوتوغرافيه المجراة على مسارات الجسيمات المتحركة في غرفة الضباب (Cloud chambre) ولكن يبرر أيضاً بآلية حركة الجسيمات في حلقات مسرع الجسيمات ونستطيع القول بأن أدنى خلل في ميكانيك النسبية الخاصة في هذه المنطقة سيؤدي إلى خسارة ملايين الدولارات .

ويجب أن نشير هنا إلى أنه كلما اقتربت سر من ض ، كلما أصبحت الكتلة أكبر وبالتالي نحتاج إلى قوى أعظم لتسريع الجسيمات التي تسير بسرعات عاليه . تعد صيغة الكتلة المذكورة مظهراً جديداً من مظاهر سرعة الضوء على أنه سرعة حدية لا يمكن تجاوزها فهي ليست فقط أسرع الإشارات المعروفة بل هي سرعة ثابته بالنسبة لجميع المراقبين ، ويتعذر تسريع الجسيمات إلى سرع أعلى منها ؛ ومرد ذلك لازدياد كتلة الجسيم مع سرعته . ما هو أصل ازدياد الكتلة بازدياد السرعة ؟ في الحقيقة نستطيع أن نتلمس دليلاً إذا لاحظنا :

$$\frac{1}{\sqrt{1 - \text{سر}^2 / \text{ض}^2}} \approx \left(1 + \frac{1}{2}\,\frac{\text{سر}^2}{\text{ض}^2}\right)$$

فمن أجل القيم الصغيرة لـ $\frac{\text{سر}}{\text{ض}}$ تكون الكتلة المقيسه مساويه الكتلـــه السكونية (الموافقه السرعة صفر) مضافاً إليها حد متناسب مع الطاقة الحركية طح $= \frac{1}{2}$ ك سر^2 ويكتب ذلك كما يلي :

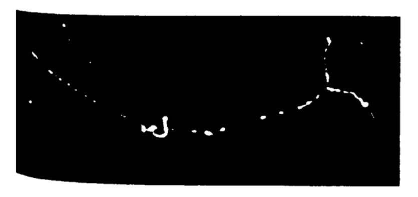
$$\text{ك}' = \text{ك} + \frac{\text{طح}}{\text{ض}^2}$$

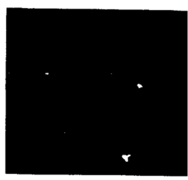
ويمكن أن نكتب أيضاً هذا التقريب على الشكل التالي :

$$\text{ك}'\,\text{ض}^2 = \text{ك}\,\text{ض}^2 + \text{طح}$$

وقد ترجم آينشتاين الحد ك' ض^2 بالطاقة الكلية المؤلفة من الطاقة الحركية طح بالإضافة إلى الطاقة الساكنه ك ض^2 والتي يملكها الجسيم حتى لو كان ساكناً وينتج من ذلك أنه إذا تم تحطيم جزء ولو يسير من كتلة ساكنه ، بطريقه ما ، فان الطاقة الناتجة ستكون عظيمة وذلك في الحقيقة

بسبب الحد ض٢ (الذي يساوي حوالي ١٠^٢١ سم٢ ثا^-٢ في جماعة الوحدات السغثية) . ونرى أثر استخدام هذه الطاقة سواء في الخير او الشر ، وسواء في القنبلة الذريه أم في محطة الطاقة النووية . إن لهذه التعديلات في الميكانيك قيمة بالغة الأثر في مناقشة موضوع الجاذبية الذي سنعود إليه الآن .





تجارب شامبيون التي أجريت عام ١٩٣٢ على اصطدام الكترونات متحركة بالكترونات ثابتة . يظهر الشكل الأيسر اصطداماً منخفض الطاقة بحيث تكون الزاوية المتشكلة بين المسارين بعد الاصطدام بحدود ٩٠ درجة . يظهر الشكل الأيمن اصطداماً عالي الطاقة وتكون الزاوية الناتجة أدنى من ٩٠ درجة ويعود ذلك إلى ازدياد الكتلة بازدياد السرعة

الثقالة :

إن من المناسب عند البدء في هذا الموضوع تذكر الشروط التي تم بموجبها تعميم علم الميكانيك ، فنحتاج إلى تعيين المرجع العطالي وإلى تعيين القوى المؤثرة . إن هذه الشروط محققة وبدرجة عالية من التقريب بالنسبة إلى جسيمات مشحونة تتحرك في حقل كهرطيسي ضمن المختبر . ولكن في حالة حقل الثقالة لا توجد تجارب كافية لتمييز قوى العطالة في مرجع عن قوى العطالة في مرجع آخر . وبصورة أكثر دقة ليس

من الممكن تمييز القوى الثقاليه بصورة مستقلة عن القوى الأخرى الناتجة عن التحويل إلى المرجع العطالي . وستختلط الأمور ببعضها . وقد تصدى آينشتاين لحل هذه المشكلة بعد عشر سنوات من صياغته النظرية النسبية الخاصة عام ١٩٠٥ .

نحن لا نتحدث عادة . كما شرحنا من قبل . عن القوى الثقالية ما بين الأجسام . لأن التعامل مع هذه القوى لا يعد أمراً مناسباً ، بل حول الحقل الثقالي المحيط بالجسم ونستطيع القول أننا إذا كنا على سبيل المثال قريبين من سطح الأرض فسنجد أن أي جسم ، إن ترك من وضع السكون . فسيقع بتسارع معين نحو الأرض . هذا التسارع كما رأينا سابقاً . بخلاف ما يحدث في الكهرطيسية ، لا يعتمد على كتلة الجسم ويخالف في ذلك حالة الجسيم ضمن حقل كهربائي ، حيث يعتمد التسارع حينئذ على كل من الشحنة والكتلة . إن تسارع الجسم الثقيل في حقل الثقالة ، يساوي تسارع الجسم الخفيف وبالطبع وضمن الظروف اليومية يبدو ذلك غامضاً إلى حد ما بسبب الظروف الدخيلة مثل مقاومة الهواء . ومع ذلك فان لدينا في هذه الأيام أكثر من دليل ملموس على الطبيعة الشاملة للحقل الثقالي الذي نتحدث عنه أكثر من مجرد سقوط الأجسام القريبة من سطح الأرض فرواد الفضاء مثلاً خبروا ظاهرة انعدام الوزن في تابع (قمر صناعي) يسقط سقوطاً حراً في حقل الجاذبية ووجدوا أن انعدام الوزن لا يصيب جزءاً من الأجسام ويترك جزءاً آخر أو أن بعض الأجسام معدوم الوزن في احدى المناسبات وأن بعضها معدوم الوزن في مناسبات أخرى ، فالتابع عندما يسقط سقوطاً حراً يصاب كل شيء فيه بانعدام الوزن . نجد من ذلك أن تأثير حقل الثقالة قد اسقط تماماً . عند النظر إلى الأمور من وجهة نظر المرجع

العطالي الساقط بصورة حرة في حقل الثقالة وذلك صحيح نظراً للطبيعة العامة التي يتسم بها هذا الحقل وهي أن تسارع الأجسام لا يعتمد على كتلتها .



يكون الإنسان في الفضاء معدوم الوزن وسواء كان موجوداً ضمن سفنية الفضاء أو خارجها فهو لا يمتلك أي تسارع بالنسبة لأي جسم موجود في جوارهالمباشر

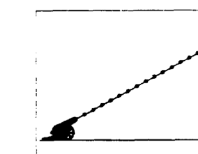
لقد عرف غاليليو أهمية هذه الحقيقة . وقد استعملت في التطور الأخير للميكانيك لتبسيط الرياضيات من أجل وصف حركة الكواكب بنفس الطريقة التي ناقشنا بها الأمر في الفصل السابق . ولكنها لم تدخل بصورة أساسية في النظرية . حيث تم التأكيد في ثقالة نيوتن على طبيعة الحقل المتناسبة مع مربع البعد . وهذا ما ناقشناه أيضاً سابقاً .

ومن أجل التبسيط لنناقش بصورة أكثر دقة شمولية الثقالة بغض النظر عما ذكرناه حول ضرورة تعديل آرائنا حول موضوع تزامن الأحداث البعيدة وبغض النظر أيضاً عن التحويلات التي يمكن أن تجري بين المراجع العطالية ، لنناقش الوضع برمته من وجهة النظر النيوتنية الصرفة : ولكي يزداد شرحنا وضوحاً سنتعرض لمسألة خاصة درسها غاليليو في السابق أيضاً ، وهي مسألة حركة القذائف . فعندما تلقي حجراً في الهواء ستلحظ أنه يتخذ مساراً منحنياً . وفي الحقيقة ، فان هذا المنحنى معروف تماماً بالنسبة للاختصاصيين في عالم الهندسة ويقع تحت اسم القطع المكافىء . ولقد استخدم نيوتن وأتباعه خواص القطع المكافىء في وضع نظرية القذائف . وليست خواص القطع المكافىء معروفة بصورة جيدة في الوقت الحاضر ، ومن الممتع ملاحظة أن شمولية حقل الثقالة والقدرة على استبعاد هذا الحقل تدفعنا لاعادة النظر في حل مسألة القذائف وذلك بالاستفادة من رواد الفضاء عند النظر إلى الأمور من وجهة نظر المرجع الذي يسقط سقوطاً حراً .

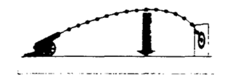


هل استفاد نيوتن من التصوير الفوتوغرافي باستخدام وميض الضوء؟تظهر دراسة نيوتن أن القذيفة (في هذه الحالة كرة الفولف) تتخذ مسار قطع مكافىء بعد اطلاقها ويساوي التباطؤ عند مغادرة مستو أفقي معين التسارع عند العودة إليه .

دعنا نعالج قضية خاصة وهي قضية اطلاق قذيفة ذات سرعة ابتدائية بحيث تصيب هدفاً ، من أجل التبسيط ، واقعاً في نفس منسوب الاطلاق ، وسنكون نحن واقعين بنفس المستوي أيضاً . نلاحظ أن شكل مسار القذيفة في حالة المرجع الذي يسقط سقوطاً حراً أبسط بكثير . فنظراً لسقوط الجملة سقوطاً حراً لا تؤثر عليها أية قوة ثقالة وستتحرك القذيفة ضمن هذا الإطار المرجع بخط مستقيم وبسرعة منتظمة والصعوبة الوحيدة هي أن الهدف في هذه الحالة ، بدلاً من أن يبقى ساكناً فانه يصعد نحو الأعلى بتسارع منتظم ونستطيع ، بسبب ذلك حساب الارتفاع فوق المدفع بمعرفة الزمن المستغرق الوصول إلى الهدف .



يمثل الشكل الأعلى حركة قذيفة بالنسبة لمراقب ثابت بالنسبة للمدفع أما الشكل الأسفل فيمثل الوضع بالنسبة لمراقب يهبط هبوطاً حراً .



إن هنالك طريقة أخرى للنظر إلى هذه المسألة ، وهي طريقة مساعدة لأنها تؤكد على أن المنهج الذي وصفت فيه التأثيرات دوماً على أنها فيزيائية قد تحول إلى وصف رياضي في خلفيته ، ففي المرجع الذي يسقط سقوطاً حراً تكون المسارات المحتملة للقذيفة عبارة عن مستقيمات ونحن نعلم أن (إذا ما استثنينا النقاط) المستقيم هو أحد العناصر الأساسية المشكلة للهندسة الاقليدية ولا بد في الحقيقة أن تقابل كل خاصة من

خواص المستقيم ، انطلاقاً مما ذكرناه ، خاصة من خواص القطع المكافىء (وبصورة عامة أعقد منها) تظهر عند اجراء التحويلات على الخواص السابقة . وهكذا فبدلاً من اجراء التحويل نستطيع البدء بهذا النوع الجديد من الهندسة التي نستعيض فيها وبصياغة مناسبة عن جزء الخط المستقيم في الهندسة الاقليدية بقطع مكافىء . نستطيع بعد ذلك أن نصف القطع المكافىء بأنه المسار الطبيعي في الهندسة ، ونستنتج بذلك أن القذيفة تتحرك على هذا المسار بحيث لا تؤثر عليها أية قوى ، ويعد ذلك تعميماً جزئياً لقانون نيوتن الأول .

إن الأمور في الحقيقة ليست بسيطة إلى هذا الحد بسبب دخول عامل الزمن : ان القذيفة ترسم خطها المستقيم في سرعة ثابتة مما يدعونا للتوسع قليلاً في أفكارنا الهندسية بحيث لا نعني بالنقطة على أنها نقطة فقط ، كما بالنسبة لكتب الهندسة ، بل نقطة مرتبطة بزمن ؛ أي حادثة . وعندما نرغب في الاستمرار في تمثيل الأشكال الهندسية على قطعة من الورق تحتوي على بعدين فقط . نحتاج إلى بعض التقنيات المرتبطة بالمنظور الذي هو وسيلة تمكننا من جعل ترتيب الأشكال والخطوط ذات البعدين تبدو وكأنها واقعة في ثلاثة أبعاد (عندما نتدرب على النظر إليها بهذه الطريقة (انه بالطبع أمر معقد ، لذلك فمن الأسهل لنا أن يمسك عن رسم الصور نهائياً إلا في الحالة الأبسط عندما تقع جميع الحوادث على خط مستقيم ، أي في بعد واحد ، بعد ذلك نستطيع استخدام الخط الأفقي على الورقة وذلك بمقياس مناسب لتعيين زمن الحوادث ، وهكذا فان النقاط على الورقة هي صورة مؤلفة من مجموعة حوادث .

الآن يمكن أن تمثل مجموعة الحوادث المناظرة « للمواقع المتتالية

للجسم المتحرك بسرعة ثابتة على خط مستقيم » ببساطة بخط مستقيم أيضاً ، يعتمد ميل هذا الخط على سرعة الجسم . وعندما ننتقل إلى صورة القطع المكافيء ، تعني الطريقة الجديدة في النظر إلى الأمور أن علينا استخدام ثلاثة أبعاد أحدها للزمن ، ويتطور القطع في هذه الصورة إلى منحن ذو ثلاثة أبعاد كثير التعقيد . ولا يؤثر هذا التعقيد بهذه الطريقة على هندسة الثقالة .

time

لقد مثلنا الزمن في الشكل بالاتجاه الشاقولي ، أما الحركة ومن أجل التبسيط فهي حركة قذيفة منطلقة أفقياً ، أي من خط عمودي على هذه الصفحة وإذا انعدمت قوة الجاذبية كما في حالة مراقب يسقط سقوطاً حراً فان القذيفة ستتابع حركتها على هذا الخط المذكور أما إذا كانت هنالك قوة جاذبة فاعلة في المستوي الأفقي في اتجاه عمود على القارىء فسينحني المسار ويتخذ شكل قطع مكافىء . إن المواضع المتتابعة للقذيفة على مسارها ستتم في لحظات متتابعة من الزمن وهكذا يمكن أن تمثل القذيفة في كل موضع في شكل ثلاثي الأبعاد بحادثة
إن زمن الحادثة يمكن أن يمثل بالارتفاع الموافق لموضع النقطة فوق نقطة الاطلاق . يمكن بالإضافة إلى ذلك اسقاط الحوادث الناتجة على خط مستقيم يسمى خط الحوادث

يتضح من هذا المثال ، أننا نستطيع أن نحذف حقل الثقالة بوساطة تحويل ما ، على الرغم من كون هذا التحويل لا يجري بين مراجع عطالية كالتي ناقشناها في الفصل السابق. لدينا هنا (كما طرح أحد العلماء الأمريكين) امكانية « ثقالة بدون ثقالة » . وإذا تمكن المرء من إعادة صياغة بقية قوانين الفيزياء بطريقة لا تتغير عند اجراء التحويلات بين المراجع العطالية فان أيه مسألة ، تخص ظاهرة فيزيائية ، في حقل الجاذبية يمكن أن تحل أولاً بوساطة التحويل إلى مرجع خال من الثقالة ، ثم التحويل مرة أخرى إلى المرجع الأصلي .

هل الثقالة خدعة بحتة ؟ كلا ليس تماماً . تواجهنا هنا في الحقيقة صعوبتان الأولى هي القدرة على صياغة المسألة الأصلية عند الإنتقال إلى مرجع عطالي جديد متسارع بالنسبه للمرجع العطالي الأصلي ، ويمكن أن يشكل ذلك ترتيباً مطولاً ؛ على الرغم من صحة القول بأن الصعوبات المتضمنه فيه ذات صفة رياضية ، أي أنها تعتمد فقط على براعة الفيزيائي الذي يجري الصياغة ، وأكثر من ذلك أن مناقشة القذيفة قد تمت في حقل ثقالي منتظم ، وفي الحقيقة فان الحقول الثقالية تكون منتظمة بصورة تقريبية جداً . فالحقل القريب من سطح الأرض هو حقل منتظم ، ولكن حالما ندخل مسارات الكواكب بالحسبان يسري قانون عكس مربع الحقل ولا يوجد هنالك تحويلات متسارعة تستطيع أن تحذف تأثير هذا القانون فاذا أجرى المرء التحويل المناسب في نقطة معينة أو في جوارها فان الحقل يتغير إن ابتعد المرء قليلاً عن هذه النقطة ويجب أن يجري التحويل حينئذ من جديد .

إن حقل الثقالة النيوتني هو في الأصل نوع من الخدعة ، حيث

يمكن لهذا الحقل أن يحذف في أية نقطة كما رأينا ، وما يهمنا بالفصل هو الطريقة التي يختلف فيها هذا الحقل ما بين نقطتين ، وذلك بالطبع ليس خدعة ، إن فكرة الحقل الثقالي تقدمت بذلك خطوة واحدة نحو الأمام ، فالحقل يمكن أن يحذف إذا كان المرجع يسقط سقوطاً حراً ولكن مالا يمكن حذفه هو الطريقة التي يتغير بها هذا الحقل من نقطة لأخرى . إن جميع هذه الأفكار يمكن أن تستخدم في ميكانيك نيوتن بطريقة مقنعة وممتعة . إن ما يهمنا هنا شيء مختلف تماماً .

لقد استخدم آينشتاين تقديم الثقالة على هذه الصورة للربط ما بين الثقاله والنظرية النسبية الخاصة التي أسسها عام ١٩٠٥ ، وبغض النظر عن تحويرها عام ١٩١١ ، فقد توصل أخيراً إلى صيغه كاملة للنظرية النسبية العامة عام ١٩١٥ . وما تقدمه هذه النظرية بصورة أساسية هو وصف للمراجع العطاليه ، كما فعلنا بالقسم الأول من هذا الفصل ، حيث يدخل الزمن فيها بطريقة معقده . باحداثيات مكانيه مما يخالف ميكانيك نيوتن وتتضمن النظرية أيضاً مسألة ربط ذلك لتشكيل تحويلات متسارعة تهدف مثلاً لحذف حقل الثقالة في احدى النقاط .

هنالك سؤال هام يطرح نفسه : ما هي التحويلات التي يمكن اجراؤها الآن ما بين الاحداثيات المكانيه – الزمانيه . إن الإجابة عن هذا السؤال بسيطة جداً من وجهات نظر معينه ومعقدة للغاية من وجهات نظر أخرى لأن الاحداثيات المكانية – الزمانية الجديدة في الحقيقة لا بد أن تعتمد على الاحداثيات المكانيه – الزمانيه القديمة دوماً تقريباً (حيث اعتبرت بعض شروط الاستمرار أي أن النقاط المجاورة لها احداثيات متساوية تقريباً وهو ما يفترض بصورة طبيعية) . ونظراً لحتمية اجراء

هذه التحويلات يجب كتابة المبادىء الفيزيائية بحيث تحتفظ بشكلها العام بعد اجراء هذه التحويلات عليها ؛ ويعرف ذلك بمبدأ التغير المساير العام ، للنظرية .

قبل أن نتابع دراستنا من الأفضل أن نوضح ما يتضمنه ذلك . إن الهدف الرئيسي من اعتبار حقل الثقالة في نظرية نيوتن بدلاً من اعتبار قوى الثقالة ما بين جسمين هو أنه يساعد كثيراً في صياغه وحل المسائل المعقدة في النظرية . لننظر في مسألة شكل الأرض ، ولنبسط الأمور كثيراً أيضاً ، فنطرح السؤال التالي : « ما هو الشكل المفترض لسائل مثالي غير قابل للانضغاط عندما يدور ؟ » . بالطبع ان الأرض لا تتألف من سائل كهذا ، ولكن الافتراض بأنها مؤلفة منه هدفه التبسيط واظهار تأثير حقل الثقالة . ونظراً لأن السائل يدور فسيكون كروياً تقريباً ومتسطحاً عند الأقطاب (كما هو الحال بالنسبة للأرض) ولكن إلى أي مدى ؟ . إن حل مسألة شكل الأرض يجب أن يوازن ما بين تأثير الدوران الذي يسبب الانتفاخ عند خط الاستواء وتأثير الجذب الثقالي لأحد أجزاء السائل على جزء آخر فيه . هذا التأثير لا يمكن أن يعين بدقه إلا إذا عرفنا شكل الكتلة . وفي الحقيقه فان النظريه الرياضيه تقدم لنا سبيلاً لحل هذه المسألة وتتضمن تقنية هذا الحل تشكيل نظرية حقل ثقالي تحقق معادلات معينة ومن ثم تحل هذه المعادلات بشكل مشترك مع مراعاة التوزع المتوازن للمادة . ويمكن البرهان ، في ثقالة نيوتن ، على أنه يمكن تعيين الحقل في كل مكان بدلالة رقم يدعى الكون الثقالي (إن قوة الحقل الفعلية في نقطة ما تعين بعد ذلك حسب سرعـــة تغير الكمون عندما يتم التحرك من نقطة إلى نقطه مجاورة أما اتجاه الحقل فيعين حسب الاتجاه الذي يبقي معدل التغير أعظمياً) .

تبدو النظرية النسبية العامة للوهلة الأولى مغايرة للمألوف فالحقل الثقالي يعبر عنه بوصف ذي خلفيه هندسية ، (يتضح عند دراستها انها ليست كذلك) تتغير تبعاً للنقاط المختلفة وبالتالي فان هنالك مقادير معينة « تدعى بالمعاملات المترية العشرة » تختلف حسب هذه الهندسة . وتصف هذه المعاملات بدلالة قيمها التعديل الطارىء على هذه الهندسة . وفي الحالة الخاصة لجسم يتحرك ببطء (بالنسبة لسرعة الضوء) وفي حقل ثقالي ضعيف (وهو أي حقل نقابلهُ في الثقالة النيوتنية) يتغير فقط أحد المعاملات المترية العشرة بمقدار ثابت عن مضاعف النظير الكموني النيوتني للمسألة . وفي الحالة المعقدة التي تقابل حركات سريعة أو حقولاً قوية نحتاج إلى جميع هذه المعاملات المترية العشرة .

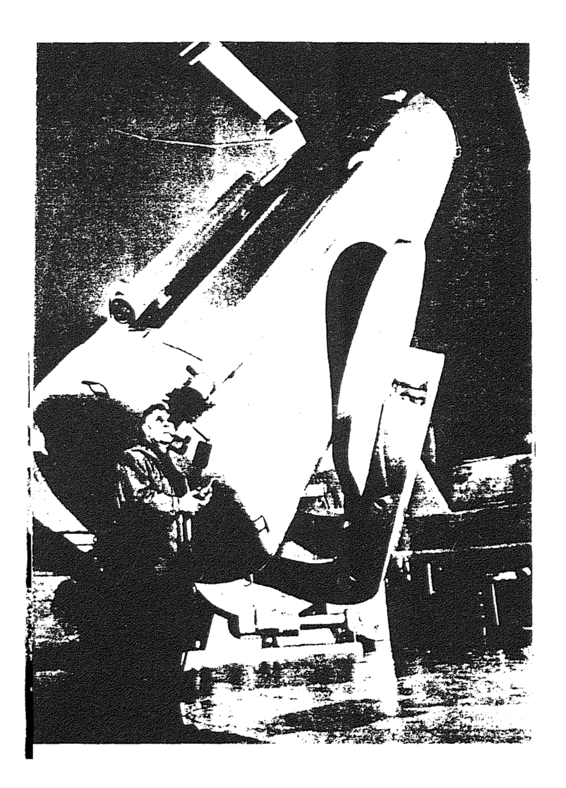
نستطيع بعد ذلك كتابة معاملات الحقل المقابلة للمعاملات المترية . هذه المعاملات لا تعني حقل الثقالة النيوتني الأصلي لأن هذا الحقل يمكن أن يستبعد ولكنها تعين الطريقة التي يتغير بها ما يقابل الحقل الأصلي من نقطة لأخرى . من المفيد أن نلاحظ هنا ، نظراً لأننا سنتهم بالطريقة التي تتغير بها الكمية المشابهة للحقل النيوتني من نقطة لأخرى ، أن التغيرات في المعاملات المترية ليست مهمة بالنسبة لنا ، ولكن المهم هو تغير هذه التغيرات مما يعد سبباً من أسباب التعقيد في النظرية .

إن معادلات الحقل يجب أن تكتب بطريقة تجعل الحقل مناظراً لقانون مربع عكس الحقل النيوتني أكثر مما يناظر قانون القوة المختلف تبعاً للمسافة ، وعندما تجرى التفاصيل الرياضية الخاصة بذلك يستطيع المرء البحث عن حلول للنظرية ، أي البحث عن قيم للمعاملات المترية ومن ثم مقارنة هذه القيم مع الواقع التجريبي. ولسنوات عدة؟ لم يعرف الإنسان سوى القليل عن هذه الحلول وتعد حالة مدار عطارد تأكيداً

مذهلاً للنظرية فمدار عطارد ، كما ذكرنا في الفصل السابق ، ليس قطعاً ناقصاً كما تقترح قوانين كبلر بل هو قطع ناقص دائر ببطء ، أما الدوران فهو بحدود ٥٠٠٠ ثانية قوسية في كل قرن .

لنوضح ما نتحدث عنه الآن ، إن هذا الدوران باستثناء ٥٠ ثانية قوسية منه يمكن أن يتفسر بتأثير الكواكب الأخرى . أما الخمسون ثانية المذكورة فقد عزيت فيما سبق للكوكب فولكان ، ولسوء الحظ لم يكتشف هذا الكوكب في المدار المقترح . إن المرء عندما يستخدم معادلات الحقل الخاصة بالنظرية النسبية العامة في وصف حركة كوكب منفرد حول شمس ثابتة سيكتشف أن مدار هذا الكوكب ليس قطعاً ناقصاً كما توضح نظرية نيوتن عندما تشرح قوانين كبلر بل قطعاً ناقصاً دائراً ، وفي حالة كوكب عطارد والشمس يكون الدوران بمقدار ٥٠ ثانيه قوسية خلال قرن .

يجب علينا بالطبع أن نوضح ما تم شرحه . لقد وجدنا ٥٠ ثانية قوسية في هذه الحالة ، ويمكن أن نخمن بأن النظام المعقد للعالم الحقيقي بكواكبه الأخرى يمكن أن يتفسر بصورة مرضية إذا أضفنا معاً الدوران النسبوي لمدار عطارد وحساب تأثير الكواكب الأخرى على هذا المدار ، وفقاً للحسابات النيوتنية ، وفي الحقيقة فان دوران مدار عطارد تأكيد تجريبي للنظرية النسبيه العامة . يجب أن يكون واضحاً أنه حتى لو أعطت النظرية النسبيه العامة نتائج مماثلة لما تعطيه نظريه نيوتن ، وذلك ما تفعله في تقريبها الأول ، فانها تظل أعم وأشمل لأنها تصل لنفس النتائج بدلالة خيارات وافتراضات وأقل عدداً من نظرية نيوتن . كما أن معادلات الحقل المقترحة من قبل آينشتاين ، وعلى الرغم من أنها تظهر حقلاً متغيراً كحقل قانون مربع العكس . فهي مؤسسة على أسس أكثر أماناً من أسس نظرية نيوتن ، لأنها المعادلات الحقلية الوحيدة التي يمكن كتابتها في شروط حدود النظرية . .



قاس أدوين هابل الذي يرى في الشكل بجانب منظار شميدت الذي يبلغ قياسه ٤٨ انش هروب المجرات بصورة دقيقة مما جعل توسع الكون حقيقة ملحوظه

نظريات كونية منافسة

ربما يتساءل المرء عن السبب الذي جعل آينشتاين يصوغ نظرية ثقالية جديدة بطريقة . على الرغم من أنها تعجب النظريين وتزود الرياضيين بالكثير . تبدو معقدة بالمقارنة مع الصياغة النيوتنية البسيطه . لقد كان آينشتاين مهتماً بمسألة وجود مراجع عطاليه ذات أفضلية في هذا الكون . وذكر في الفصل الأخير أن المرء يستطيع أن يعين جملة احداثيات محلية تأخذ فيه قوانين نيوتن شكلاً بسيطاً . فعند استعمال نواس كروي . وقياس دوران مستوي النوسان . وُجِدَ أن المادة البعيدة في الفضاء لا تمتلك أية حركة عرضانيه بالنسبه لهذا المرجع . إن هذا يعني أن المادة البعيدة في الكون لها تأثير على اختيار المراجع العطالية المحلية . إن هذه الحقيقه والتي تدعى مبدأ ماخ (Mach's Principle) قد أدهشت آينشتاين لسنوات عدة . فهو يرى . على سبيل المثال . أن نظرية الثقالة لنيوتن ليست مقنعة بهذا الخصوص . فهي عندما تصف مدارات الكواكب . على أنها قطوع ناقصة فانها تفعل ذلك بالنسبة لمرجع عطالي ولكنها تسقط من حسابها حقيقة أن هذا المرجع العطالي التجريبي ثابت بالنسبة للنجوم البعيدة . لقد شرحت نصف الظاهرة حتى الآن وما يحتاجه المرء هو نظرية ثقالية يكون فيها حل مسألة الكوكب الذي يدور حول الشمس ممكناً فقط عندما يؤخذ تأثير جميع المادة الأكثر

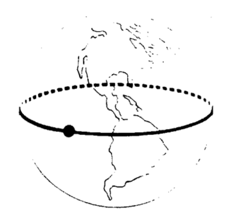
بعداً في الكون بالحسبان أيضاً . وستكون هذه النظرية حسب رأي آينشتاين متوافقة مع مبدأ ماخ . وقد وضعت النظرية النسبية العامة لتفي بذلك الفرض .

لقد دار جدل طويل حول المدى الذي يمكن أن تتوافق فيه النظرية النسبية العامة مع مبدأ ماخ بعض الناس يعتقدون أنها تتفق معه جزئياً على الأقل . ولكن أغلبهم يميل إلى الاعتقاد بأنها لا تتفق معه على الإطلاق . ومهما يكن الأمر فقد شرع آينشتاين بايجاد حلول لمعادلات الحقل التي وضعها والتي يمكن تطبيقها على مجمل الكون وليس فقط على النظام الشمسي . بالطبع عندما يرغب المرء بايجاد حلول لمعادلات الحقل الصالحة لمجمل الكون لا يتعمد أن يتعامل مع الكون ذو الطبيعة الجافة والمعقدة حيث يتألف هذا الكون من نجوم منفردة أو متجمعه بل يتطلع لوصف توزع المادة في الكون . والتي سوف تمتلك نفس الكثافة بشكل متوسط والتي نستطيع أن نتعامل معها باستخدام نفس النوع من الرياضيات المستخدمة في النسبية العامة .

لم يفلح آينشتاين بايجاد حل لمعادلات الحقل الأصلية . التي وضعها بما يوافق مجمل الكون ، فقد وقع في نفس المأزق الذي وقع فيه الفلكيون النيوتنيون وهو أن الكون اللا منتهي يعني قوة ثقالية لا منتهية أيضاً في كل نقطة من النقاط . وبسبب طبيعة معادلاته تمكن آينشتاين من رؤية التعديل الوحيد الذي مكنه من وضع نموذج للكون يتفق حسب رأيه مع مبدأ ماخ . لقد كان عليه إدخال حد اضافي إلى المعادلات ولكن بسبب الطبيعة الجافة للنسبية العامة كان هذا الحد الإضافي هو الحد الوحيد الذي قدمه . وعندما فعل ذلك كانت المحصلة كوناً ثابتاً دعي بكون آينشتاين .

كون آينشتاين :

مهما تكن محاسن نموذج آينشتاين ومساوئه كنموذج للعالم الفعلي . فانه يعتبر نقطة مميزة في طريق الابتعاد عن نماذج الأكوان اللا نهائية . والحقول الثقالية اللا نهائية التي سادت علم الفلك ردحاً طويلاً من الزمن ويمكن أن يوصف نموذج آينشتاين كالتالي : لنفترض أن اهتمامنا ينحصر ببعدين فقط حيث أن نموذجنا عن الكون عبارة عن مستو لا محدود . إن الخطوة التي خطاها آينشتاين تناظر اعتبار هذا المستوي سطحاً كروياً غير محدود أيضاً ولكن الخط المستقيم (أي أقرب مسافة بين نقطتين من منحن) المرسوم عليه . على الرغم من استمراره بصورة لا نهائية . سيعود ويلتقي بنفسه أخيراً . وهكذا ففي حالة بعدين يكون للسطح مساحة اجمالية محدودة على عكس المستوي ذو المساحة غير المحدودة . أما في حالة ثلاثة أبعاد فان التقوس الناتج يعني أن كون آينشتاين له حجم محدود ولكن بدون حدود .



يمتلك كون أينشتاين بأبعاده الثلاثة ما يمتلكه سطح الأرض من طبيعة مغلقة ببعدين فقط . فمن الممكن على سطح الأرض العودة إلى نفس النقطة عندما نسير بصورة مستقيمة على المحيط وبدون تغيير الاتجاه

ولسوء الحظ فان اضافة الحد الإضافي للمعادلات والذي يدعى بالحد الكوني لم يكن كافياً لتحقيق التوافق مع مبدأ ماخ. ومهما كان وضع مبدأ ماخ في النظرية الأصلية فقد ظل غير متغير عند وضع الحد الإضافي.
بعد فترة وجيزة من وضع آينشتاين نموذجه عن الكون وجد دي‌سيتر – Willem de Sitter – حلاً لمعادلات الحقل لا توجد فيه أية مادة على الإطلاق. ويكون الفضاء بالرغم من ذلك غير خال من فيزياء نيوتن. عند خلوه من المادة. إن حل دي سيتر يتضمن هندسة معقدة. وقد شكل صدمة كبيرة لآمال آينشتاين في تحقيق التوافق مع مبدأ ماخ وكنتيجة لذلك أقلع في السنوات الأخيرة عن اضافة الحد الكوني إلى المعادلة لأنه لم يحقق له النتائج المرجوة. إن مسألة كوكب عطارد قد حلت بوساطة البحث عن حلول للمعادلات التي وضعها آينشتاين ويوافق ذلك جسماً ممثلاً للشمس. بدون أي شيء آخر على الإطلاق. لقد أراد آينشتاين. بسبب دواعي المسألة الكونية. بالفعل إيجاد حلول لا تتركز الكتلة فيها ضمن نقاط خاصة لأن همه ينحصر في شمولية الكون. كما أراد بدلاً من البحث عن التناظر الكروي وضعاً معقداً تكون الرؤيه من نقطه ما في أي اتجاه مساوية إلى حد كبير الرؤية من أية نقطة أخرى. هذه المتطلبات تعرف عادة بالمبدأ الكوني. إن هنالك في الحقيقة ثلاثة حلول للمعادلات يمكن أن تتفق مع هذا المبدأ وبحيث لا تعتمد على الزمن. إن أحد هذه الحلول هو حالة الحقل الخالي الذي لا توجد فيه الثقالة على الإطلاق والذي يوصف الكون فيه بوساطة النظرية النسبية الخاصة. أما الحل الثاني فهو كون آينشتاين والحل الثالث هو كون دي ستير. هنالك عائق اضافي أمام حل آينشتاين وهو أن هذا الحل على الرغم من أنه يمثل توضعاً نسبياً للمادة فانه وكما برهن بنفسه توضع غير ثابت.

كون دي سيتر :

إن كون دي سيتر هو كون يستعصي على الفهم بسبب غياب المادة ولكن إذا تصورنا أن الحل الفعلي المعطى من قبل دي سيتر هو تقريب جيد للكون الحقيقي الذي تتوزع فيه المادة بشكل ضئيل جداً ، عندئذ نستطيع أن نفكر في مثل هذا الحل وسنجد في مثل هذا الكون أن المادة شديدة النأي عنا (على الرغم من عدم امتلاكها حركة عرضانية بسبب المرجع الذي اخترناه) وتبتعد أيضاً على امتداد خط النظر بسرعة متناسبة مع المسافة . وفي الحقيقه فاذا ما أحدث جسم صغير جديد في هذا الكون وافترضنا أن هذا الجسم الجديد لن يؤثر على الكون كما عرفناه فسنكتشف أن هذا الجسم سيتسارع مبتعداً بسرعة متناسبه مع المسافة .





لا يحتوي كون دي سيتر على أية مادة ولذلك فمن الصعب تصوره . إذا تصور المرء بعض الجسيمات على رؤوس مثلث مركزي فان هذه الجسيمات ستتباعد بعضاً عن بعض بسرع متناسبة مع المسافة فيما بينها

إذا كان كون دي سيتر يمثل نموذجاً صحيحاً للكون الفعلي فان علينا أن نفكر . كيف يمكن لهذا الكون أن يتمدد بهذه الطريقه ؟ . إذا كانت المادة جميعها تبتعد عن بعضها بسرع متناسبة مع المسافات النسبيه فلا بد ومنذ وقت طويل مضى أن تكون هذه المادة منضغطة بشكل كبير إلى بعضها . ما هي طبيعة الكون الأصلي ؟ إن أسئلة كهذه . تطرح ما يمكن أن نعتبره قضية كونيه أساسية . قضية لم تتم صياغتها بوضوح حتى عام ١٩٤٠ من قبل هيرمان بوندي
– Herman Bondi – وفريد هويل – Fred hoyle – وتوماس غولد – Tomas Gold – إذا كان الكون الأصلي أكثر انضغاطاً إلى حد كبير من الكون الحالي فكيف لنا أن نعلم القوانين الفيزيائية التي يمكن تطبيقها فيه ؟ إن قوانين الفيزياء الحالية والتي وضعت على سطح الأرض . هي قوانين وضعت في شروط ليست معهودة جداً بالنسبة للفلكي . وإذا أردنا التحدث عن الكون في الزمن الغابر مفترضين أن هذا الكون كان منضغطاً بقدر كبير فليست لدينا أية فكرة على الاطلاق عن القوانين التي . ان وجدت تبقى سارية في الوضع الجديد وكذلك عن التقريبات المناظرة لوضعنا الحالي . عندما نتبين هذه الورطة نرى أن نظرية الكون التي نبحث عنها أعقد وأصعب مما نظن . . نحن نستطيع إذا أردنا . أن نفترض أن جميع قوانينا الفيزيائية غير متغيرة حتى في أوضاع فيزيائية مختلفة جذريا ولكن علينا حينئذ أن ننظر إلى نتائج هذا الافتراض بقدر كبير من الشك .

إن فكرة تراجع جميع المادة في الكون بسرعة متناسبة مع المسافة فكرة مذهلة بالفعل . فهل سيعود الإنسان مرة أخرى للتفكير بأن الأرض هي مركز الكون – وهو ما فكر به أرسطو ؟ والجواب عن

هذا السؤال ، ولحسن الحظ . هو انفي طبعاً . والآن إذا تراجعت كل المادة عنا بسرعة متناسبة مع المسافة فسنجد مرة ثانية إذا نظرنا إلى الأشياء من نقطة أخرى بديلة أن جميع المادة تبتعد عن تلك النقطه البديلة بسرعة متناسبه مع المسافة . أما إذا أظهرت التجارب قوانين ابتعاد أخرى كتناسب السرعة مع مربع المسافة ، فسيشكل ذلك مسألة جدية للغايه . إن الطريقة التي يشرح بها كون دي سيتر التراجع يمكن أن توضح من خلال التشبيه التالي ؛ نستطيع أن نتخيل الإنسان ؛ وهو حل وضع من قبل آينشتاين ، أحد الكائنات النائية البعد الصغيرة ، يعيش على غلاف كرة سماوية ذات سطح غير محدود ولكنه يمتلك مساحة اجمالية محدودة (أما في حل آينشتاين الفعلي فهو يمتلك حجماً محدوداً لا نهائياً) . ونستطيع أن نتخيله ، في كون دي سيتر ، كائناً لا يعيش على كرة سماوية ثابته بل على بالون ينتفخ باستمرار . وإن أي كائنين وفق هذا الكون يبتعد أحدهما عن الآخر بسرعة متناسبة مع المسافة بينهما مقيسة على السطح . ولايعتبر أي من الكائنات متميزاً . وكقضية مسلم بها تكون السرعة متناسبه مع المسافة في حالة وحيدة ، بما يوافق كوناً يظهر متساوياً من جميع النقاط .



يتوسع الكون بسرعة متناسبة مع المسافة بحيث يمكن اعتبار كل نقطة فيه وكأنها مركز التمدد وفي الحقيقة يمكن تمثيل ذلك ، بصورة مشابهة ، بعدد من النقاط الموجودة على كرة مطاطية تنتفخ باستمرار .

لم يحاول أحد قبل دي سيتر أن ينشيء نموذجاً للكون من هذا النوع ، فالحل الساكن ظل أبداً الحل المنشود ، ويجب أن يكون واضحاً لدينا أن حل دي سيتر لا يناظر حلاً ذا حقل ثقالي ، أو نوعاً من الفراغ الذي يعتمد على الزمن بسبب التوسع . إن كل شيء سيبقى على حاله فيما بعد كما هو الآن ، أما إذا أحدثت مادة ما ضمن هذا الحل وبدون أن تؤثر عليه فستكتسب هذه المادة سرعة متناسبة مع المسافة التي تفصلها عنا ، وبهذا المعنى فان حل دي سيتر يمثل نموذجاً متوسعاً . وهكذا وبصورة طبيعية فان اكتشاف هذا النموذج قاد العلماء للبحث عن حلول للمعادلات تعتمد على الزمن كما يستغرقه التوسع ولقد ظن بعد ذلك أن الكون ربما ابتدأ بالتوسع اعتباراً من حالة آينشتاين الساكنه ، التي تغيرت بعد ذلك ، ماراً بسلسلة من النماذج حسب التوسع ومنتهياً بنموذج دي سيتر بعد فترة زمنيه طويلة جداً . إن مناقشات كهذه تحتاج قبل كل شيء إلى حقائق تجريبية للتأكد من صحتها وذلك ليس ببعيد .

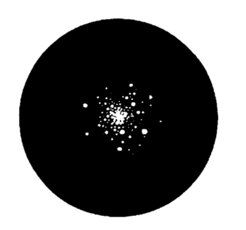
التحقيق التجريبي :

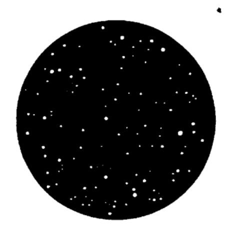
تعد العلاقة بين النظرية والتجربة ، أمراً معقداً نستطيع أن نبسطه قليلاً عندما ننظر في التواريخ التي جرت فيها الأحداث . لقد كان اكتشاف دي ستير خطوة واضحة تطلع الفلكيون النظريون إلى تعميمها ، ولقد رأينا سابقاً أن هنالك ثلاثة نماذج ساكنة (الفضاء الخالي وكون آينشتاين وكون دي سيتر) تحقق النظرية النسبية العامة ، وإذا كان هنالك أي وصف يصف الكون بصورة أدق مما تضعه هذه النماذج فلن يكون نموذجاً ساكناً . ناقش فريد مـان عـام ١٩٢٢ (Fred man)

إمكانية وجود كون منحن بنفس الطريقة التي ينحني بها كون آينشتاين (تسطح الكرة بدلاً من سطح المستوي) ، وهو ما تحتاجه النظرية النسبية العامة من أجل تحليل الظواهر الميكانيكية ، ولكنه افترض أن مثل هذا الانحناء لا بد أن يعتمد على الزمن وبعبارة أخرى فان هنالك تشابه واضح ما بين مناقشته وما بين وصفنا لكون دي سيتر والفرق الوحيد أن تغير التقوس سيسمح للمادة بالتواجد ضمن النموذج .

كان من الضروري لفريد مان أن يعد افتراضاً عن الطريقة التي يختلف بها التقوس مع الزمن في أماكن مختلفة فأعطى وصفاً واحداً واضحاً بأن صورة الكون بشكل وسطي يمكن تمثيلها بفراغ يمتلك في أية لحظة نفس التقوس في جميع الأرجاء ، وفي الحقيقة فان مثل هذا الافتراض يعتمد على افتراضات أبسط وأسهل وبصورة خاصة الافتراض القائل بأنه عندما ننظر إلى الفضاء ومن أية نقطه وبأي اتجاه فاننا سنلحظ فضاء واحداً تقريباً . إن رأي فريد مان هذا والذي لخصه في صفحتين والذي كان له الأثر الأكبر فيما بعد لما ندعوه اليوم نظرية الكون المتوسع قد تجاهله معاصروه ، ولم يعرف فيما إذا كان سبب ذلك هو الصعوبة الرياضية . أو أن هاتين الصفحتين اللتين أعدهما بدتا غير قادرتين على الوصول إلى الإهتمام الفلكي إلا بعد أن طبقنا بعشر سنوات وكنتيجة فقط للاهتمام لومتيرو روبرستون (Lemâitre - Roberston) .

تمكن لوميتر — Lemaitre — عام ١٩٢٧ وهو على جهل تــام بالنتائج التي حصل عليها فريد مان من تطوير نظرية مشابهة لنظرية فريد مــان وفي العام التالي حصل روبرستون — Roberston — وبصورة مستقله أيضاً على النتائج ذاتها . أما النماذج التي اشتقت بهذه





تفترض النظرية التطورية ، او نظرية الإنفجار الكوني الأعظم ، في توسع الكون ، بأن جميع المادة الحالية كانت منذ وقت طويل مركزه في منطقة أصغر بكثير ثم تباعدت إلى وصفها الحالي بسبب حدوث الإنفجار الأعظم

الطريقة والتي دعيت نماذج فريد مان اوميتر فتتألف من كون يتمدد باستمرار ، بمعنى أن متوسط المادة في أية منطقة يتحرك مبتعداً عن متوسط المادة في أيه منطقة أخرى . وبالإضافة إلى ذلك فان مقدار تقوس الفضاء في أية نقطه من النقاط يتناقص بمرور الزمن . وهكذا كان ابتعاد السدم الذي اكتشفه هابل في العام التالي ١٩٢٩ ، تثبيتاً لهذه النظريات لم يكن هابل على الأغاب متأثراً بالأعمال النظرية التي قام بها كل من فريد مان ولوميتر وروبرستون حيث كان يعمل بصورة مستقلة كما أن نشاطات الرصد على الجانب الآخر من الأطلسي كانت قليلة التأثر بالتطورات النظرية في أوربا وفي الحقيقة وكما في حالة نظرية فريدمان فقد أهمل التطوير الكبير الذي قام به لوميتر وروبرستون وبصورة كبيرة من قبل الفلكيين والعالم العلمي بشكل عام إلى حين نشر احدى المقالات لاسير آرثر أدينفتون — Eddington — عام ١٩٣٠ .
كان أدينفتون يعمل مع أحد طلابه ويدعى ماك فيتي - M vittie -

في مسألة عدم توازن حل آينشتاين وتوصلا عند قراءة حل لوميتر فوراً كيف أن الكون المتمدد يعطيهما حلاً لجميع مشاكلهما ، لأنه وضح ما يحدث بالنسبة لكون آينشتاين غير المتوازن عندما يضطرب ويتحرك من وضعه الابتدائي . لقد شكلت التطورات الرياضية الأخيرة لنظرية الكون المتمدد ، ولكن بدون تحقيق نتائج فيزيائية مفيدة ، أرضية خصبة بالنسبة للرياضيين . عندما افترض التوسع كانت هنالك مقادير معينة تحت تصرف الرياضيين . ولقد اتضح وباختيار مناسب لهذه المقادير المتنوعة امكانية وجود نماذج توسع متعددة ، كأن يكون الكون قد ابتدأ بالتوسع اعتباراً من حالة الضغط الهائل أو اعتباراً من حالة آينشتاين أو أن الكون يمكن أن يتوسع بصورة لا نهائيه أو أن يتقاص بعد مضي فترة زمينه معينه إلى الحالة المرتصة ثم يعاود التوسع بما يسمى (الكون النائس) .

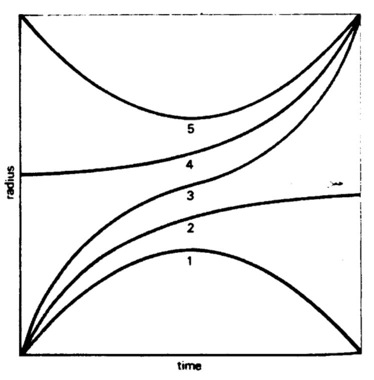
وفي حالة متوسطة من هذا النموذج تبتدىء بعض المناطق بالتقاص ، وهنالك الكثير من الأسباب الهامة التي تجعل نماذج ، كهذا النموذج ، مقبولة . ترتبط هذه الأسباب بما يسمى محور الزمن . إن معظم القوانين الفيزيائية هي قوانين قابلة للانعكاس أي ، اذا صورنا تجربة تحريكيه « dynamic » ثم أدرنا الشريط السينمائي بالاتجاه المعاكس فان نجد ما يخبرنا بأننا لا نشاهد شريطاً سينمائياً يدور بصورة صحيحة ، بل أن ما نشاهده عبارة عن تجربه مختلفة (وهي في الحقيقة تجربة بودلت شروط البدء والنهاية فيها مع التجربة الأصلية) .

ويكون الوضع مختلفاً في بعض الأحيان حيث لا توجد امكانية الانعكاس . نحن نعلم بأن الشريط السينمائي الذي يظهر نفخة من الدخان

وهي تتضاءل ثم تختفي في فم أحد الأشخاص يتبعها ظهور « سيجارة » هو شريط سينمائي معكوس. إن مثل هذه الظاهرة اللا عكوسة هي مثال على محور الزمن . والموت على الرغم من كونه « بيولوجياً » هو مثال آخر ولكنه أكثر تعقيداً . نحن نستقبل دوماً برامج التلفاز بعد فترة وجيزة من بثها وعلى الرغم من أن نظرية البث العادية لا تأخذ بحسبانها مجمل الكون . فهي تسمح بإمكانية انعكاس الاستقبال دوماً بحيث يجري قبل فترة وجيزة من البث . يشعر معظم الناس بأن هنالك علاقة ما بين محور الزمن . من خلال هذه التأثيرات المحلية وتوسع الكون . إذا كان الأمر كذلك وقادنا تقلص الكون إلى عكس اتجاه محور الزمن فاذا كان الأمر كذلك . وكان تقلص العالم يؤدي إلى انعكاس اتجاه الزمن فان ظواهر غريبة ستحدث . ففي تلك المناطق التي ابتدأ فيها التقلص سابقاً . تتناقص الفوضى بدل أن تزداد . ومن الصعوبة التخيل كيف أن بوسعنا أن نستكمل وصفاً لمثل هذه المناطق ضمن كون ما يزال يتوسع . ومع ذلك فقد اقترح مثل هذا النموذج النائس ودرس ببعض التفصيل من قبل ديك - R.H Dicke - في السنوات الأخيرة . سنعود إلى هذا الموضوع فيما بعد . ولكن القرار النهائي في أية حالة يجب أن يأتي من الرصد .

إن هدف الرصد في هذه الظروف هو محاولة تقرير القيم التي يجب أن نعطيها للثوابت . ضمن النموذج ، كي تتفق إلى حد كبير . وقدر الإمكان ، مع الكون الفعلي . ولكننا الآن بالطبع أمام عقبه ، عماية ، كأداء . فنحن نستطيع أن نراقب الكون الفعلي لفترة وجيزة جداً فقط ولا نستطيع ربط المشاهدات الماضية لأية فترة معقولة من الوقت وبالتالي فان أي نموذج له توسع سيكون مناسباً بصورة جيدة . إن قدراً كبيراً

من الجهد قد بذل في برهان صحة الافتراض الأساسي الذي بني عليه النموذج ، وهو أن الكون ذو مظهر واحد إلى حد كبير في جميع الاتجاهات ومن أية نقطة ، وفي الحقيقة فان من المستحيل أن نقرر أياً من النماذج له أفضلية على النماذج الأخرى ، على الأقل خلال فتره قادمة طويلة جداً .



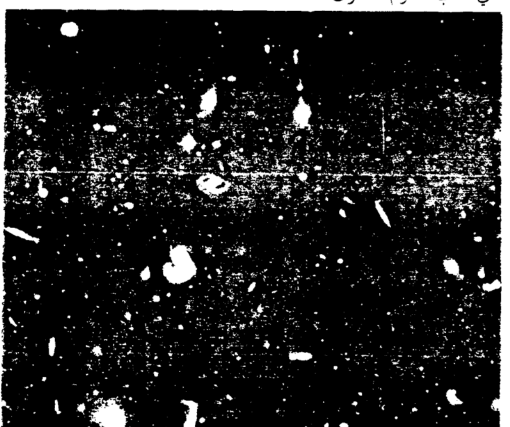
لدينا وفق النظرية النسبية العامة العديد من النماذج الكونية الممكنة. فمنها ما يتوسع ثم يتقلص (١) ومنها ما يخالف ذلك (٥) ومنها ما يتوسع باستمرار من حالة ارتصاص كبير (٣،٢) أو من حالة اينشتاين الإبتدائيه (٤)

وهكذا فاذا صنعنا مجموعة من النماذج ، من هذا النوع ، وتوقعنا أننا نستطيع أن نختار إحداها تجريبياً فاننا ننسى الصعوبة الكبيرة في إجراء التجارب في علوم الكون . إن الفلكيين تمكنوا عبر السنين من اجراء قياسات فلكية ذات دقة ملحوظه ، ولكن في حالتنا فان هنالك مناطق

شاسعة جداً من الفضاء بحيث يستغرق الضوء ردحاً طويلاً من الزمن قبل أن يصل إلينا . إن هذا الأمر يضع أمامنا عقبة كبيرة ألا وهي التخلف الزمني « منذ أن غادر الضوء السديم الأصلي » وهكذا يصبح التمييز ما بين النظريات ذات التوقعات المختلفة أمراً مستحيلاً . إن هنالك أيضاً صعوبة ذات درجة مختلفة تماماً فلقد ذكرنا في الفصل الأول بأن علم الكون هو نظرية تشرح كيفية وصول الكون إلى وضعه الحالي . ومن أحد مظاهر الكون الجوهرية أنه مناقشة لنظام فريد . فليس علم الكون فرعاً كبقية أفرع العلم بحيث تشتمل المناقشة على مناقشة مجال كامل من الأنظمة ، بعضها ذات نوع واحد وبعضها ذات نوع آخر . تختلف في بعض الاعتبارات وتتساوى في بعضها . بل يجب أن يكون لدينا ، من أجل نظرية كونية جواباً وحيداً . لقد قدمت العلوم الكونية المستندة إلى النظرية النسبية مجموعة من الإجابات وفقاً لكيفية اختيار الثوابت في نظرية التوسع . يكون الكون المستقر من وجهة النظر هذه وبصورة موهمة للصحة أكثر اقناعاً حيث أنه يفترض ثلاثة نماذج : اثنين منها خاليين وبالتالي فهما غير مقنعين ، ويبقى أمامنا الحل الوحيد المحتوي على المادة وهو كون آينشتاين . إننا بالطبع ، على الرغم من أن ذلك ممكن فلسفياً ، لا نستطيع أن نتبنى كون آينشتاين وذلك لسببين الأول أن كثافة المادة عالية جداً والثاني ، أن هذا الكون لا يتنبأ بأي توسع والتوسع قد لوحظ فعلاً . هذا الوضع ولسوء الحظ غالباً ما يحدث في العلوم الكونية فالنظريات التي تتفق مع الفلسفة لا تتفق مع المشاهدة والعكس بالعكس .

قام ماك كريا – William Mc crea – عــام ١٩٧٠ وفي محاولة جادة للتغلب على هذه العقبة ، بالشروع في صياغة وضع فلسفي

للنماذج المتطورة بدلاً من التسليم بوجهة نظر معينة وتتلخص وجهة نظر ماك كريا بأن النظرية الكونية يجب أن تراعي الصعوبة المتزايدة في جمع المعلومات من مسافات شاسعة كما يفعل ميكانيكا الكم التغلب على صعوبة جمع معلومات الكيانات الصغيرة جداً . واقترح أيضاً بعضاً من الاقتراحات لتحقيق ذلك لا نستطيع أن نحدد صحتها وكفايتها الآن . المهم في الأمر اذاً أن وجود وجهة نظر فلسفية وواضحة الصياغه وذلك ما عرفه ماك كريا ، ضروري في عام الكون وليس نوعاً من الترف كما في أغلب العلوم الأخرى .

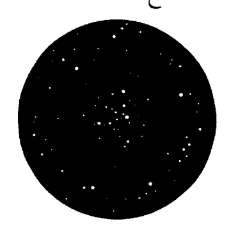


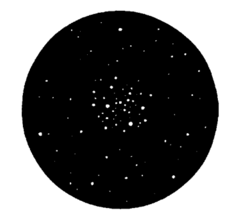
يبعد تجمع المجرات المضاعفة هذا في كوكبة الجاثي ٣٥٠ مليون سنة ضوئية عن الأرض
إن ضياء النجوم يتضاءل بسبب الا بتعاد وبالتالي فالضوء الصادر عن مجمل النجوم
لا يجعل السماء لا متناهية في اللمعان كما ظن أولبرس بل يجب وبسبب
تراجع النجوم البعيدة أن ينخفض مقدار الطاقة المشعة التي نستقبلها .
من هذه النجوم

مفارقة أولبرس :

حتى نتمكن من معرفة تطور الموضوع فيما تلا عام ١٩٣٠ لا بد لنا من الرجوع إلى الجدل نصف الفلسفي الذي أصبح من جديد شديد التأثير في السنوات الأخيرة ويعرف ذلك الآن بصورة عامـــة باسم مفارقة أولبرس – Dlbers Paradsx – . على الرغم من أن هذه المفارقة قد عرفت قبل وقت طويل من تحريات هينرش أولبرس لها عام ١٨٢٦ ، لقد أجري في الحقيقة نفس الجدل تقريباً من قبل دوشيزو عام ١٧٤٤ كما ألمح ادمون هالي – Edmund hally – إلى هذه المفارقة منذ عام ١٧٢٠ . يمكن أن يشرح الشكل المبسط جداً للمفارقة كما يلي : نلاحظ أن السماء في الليل تكون سوداء بمجملها باستثناء النجوم . إن النجوم بالطبع تطلق قدراً هائلاً من الضوء ولكن هذا الضوء ينتشر وبصورة منتظمة في جميع الاتجاهات . من كل نجم . وهكذا فكلما كانت المسافة الفاصلة عن النجم أكبر اتسعت مساحة الكرة التي التي ينتشر عليها الضوء وبالتالي فان مقدار الضوء الواصل إلى وحدة المساحة من الكرة سيتناقص حسب بعد النجم . لنفترض الآن . بشكل متوسط ، أن جميع النجوم (كما جاء في مناقشة أولبرس الأصلية . على الرغم من أننا نستطيع الآن الاستعاضه عن النجوم بالسدم) تصدر نفس القدر من الضوء ولنفترض أيضاً أنها موزعة بطريقة منتظمة بحيث نستطيع أن نأخذ متوسط رقعة كافية من الكون وهكذا فان عدد النجوم يتناسب مع مساحة الكرة التي مركزها الأرض . ويقع عليها . ولقد رأينا سابقاً أن مقدار الضوء الذي نستقبله من أي نجم من هذه النجوم يتناسب عكساً مع ر٢ حيث ر هي المسافة الفاصلة عن النجم وهكذا . فستسهم جميع المادة الموزعة على مسافة قدرها ر من الناظر بتقديم قدر من الضوء بصورة محلية هذا القدر مستقل عن ر لأن ضعف الضوء القادم من النجوم البعيدة يمكن أن يعوض تماماً بعددها الأكبر .

إذا جمعنا بعد ذلك مساهمات المادة الواقعة على مختلف المسافات فإن هذا الحساب البسيط سيعطينا لمعاناً لا نهائياً في الليلة المظلمة بما يخالف تماماً الحقيقة الملموسة بأن السماء تبدو في الليل سوداء . نلاحظ بوضوح أن هذه النظرية قليلة البساطة وإذا اعتبرنا توزعاً منتظماً للسدم فمن الواضح أننا لن نستطيع أن نراها جميعاً لأن بعضها سيحجب بالبعض الآخر الواقع بيننا وبينها ، وهكذا فان مقدار الضوء الإجمالي الملحوظ على الأرض سيكون أدنى مما تنبأ به الحساب السابق . إن حسابات أكثر دقة تظهر أن شدة الضوء الذي سنستقبله عندما نخرج ليلاً سيكون مساوياً بصورة تقريبية إلى ذلك الضوء على سطح الشمس حيث اعتبرت الشمس نجماً نموذجياً ، وهذا الأمر سيء تماماً كالمفارقة الأصلية . قرر كل من أولبرس ودوشيسو — Olbers and de che Seau — أن التفسير الوحيد للمفارقة هو وجود مادة متوسطة بين النجوم ذات تركيب غير معروف تستقبل الضوء . وقـــد رفض بوندي Bondi هذا التفسير لأن المادة نفسها ستسخن بسبب امتصاص الضوء حتى تصل إلى درجة تشع بعدها نفس القدر الذي يأتي إليها وتستقبله من الخارج ولن يشكل ذلك أي فرق على شدة الاشعاع .





في نموذج الحالة الثابتة للكون المتمدد تظل الكتلة التي يمكن ملاحظتها ثابته وعندما تتراجع المادة إلى ما وراء ما يمكن ملاحظته تحل مادة متشكله حديثا مكانها ضمن الدائرة المنقطة

ومن المهم فعلاً أن نذكر أن كلاً من دو شيسو وأولبرس لم يناقشا الافتراض القائل بأن النجوم متساوية نوعاً ما ومتوزعة بانتظام . ولدينا اليوم أكثر من دليل ، لم يمتلكاه ، بأن هذا الافتراض منطقي للغاية فعلاً . وبالإدراك المتأخر أمكن بسهولة رؤية طريق مختلف يخرجنا من مفارقة أولبرس . إذا اعتبرنا أن الكون يتوسع فسينزاح طيف الضوء القادم من المادة البعيدة نحو النهاية الحمراء للطيف « حسب مفعول دوبلر » . وبسبب انخفاض تواتر الاشارات الضوئية ولأن طاقة الضوء في أيه حاله متناسبه مع تواتر هذا الضوء ، سينخفض مقدار الطاقة التي نستقبلها أيضاً . وعندما نأخذ توسع الكون بالاعتبار نجد أن مفارقة أولبرس تختفي وأن السماء يجب أن تكون سوداء في الليل فعلاً كما هي عليه الآن . وبمناقشة الأمور من وجهة نظر أخرى نجد أنه كان من الممكن لاولبرس أو للعلماء الذين تلوه إذا درسوا الافتراضات التي اعتمدها ، وبصورة دقيقة ، أن يكتشفوا أن من بين هذه الافتراضات هنالك افتراض يقول بأن السدم ثابته . ربما كان بمقدور أولبرس بسبب انزياح دوبلر أن يدرك أن افتراض ثبات السدم يجب أن يفسر وربما أدى إلى التنبؤ بتمدد الكون وكان ذلك بمجرد ملاحظة اسوداد السماء ليلاً .

وفي الحقيقة فلا تعد عدم قدرة أولبرس على اجراء المناقشات السابقة إخفاقاً لأنه بدون ملاحظات قانون هابل سنجد صعوبات كبيرة كتلك التي ذكرناها في وصفنا المبكر للصعوبة الجوهرية في علم الكون . يتعامل علم الكون كما أشرنا سابقاً مع وضع واحد ، فهو يتعامل مع الكون ككل وليست مهمة هذا العلم مقارنة هذا الكون مع أكوان أخرى لأن هنالك كوناً واحداً . وهكذا يجب على علم الكون أن يشكل

نظرية عامية فريدة ومتميزة . ليست هذه النظرية معقدة نظرياً فقط بل يبدو أن هنالك صعوبة في الرصد لا يمكن تبسيطها على صعيد النظرية حيث تتسم أغلب الأرصاد بالتعقيد بشكل واضح ، فعلى المرء أن يرى معظم الأجزاء البعيدة من الكون ليحسب عدد السدم المتوضعة فيها ثم يقرر بعد ذلك سطوع هذه السدم نحن نعلم الآن أن هنالك أنواعاً أخرى من الرصد لها صعوبتها الذاتية . وعلى الرغم من ذلك يتتابع الرصد الفعلي بصورة صحيحة . لقد كانت المشاهدات في مفارقة أولبرس تعتمد على ما يراه المرء بالعين المجردة في ليلة مظلمة ، وتكمن الصعوبة في تفسير ذلك ، هذا التفسير لن يكون صعباً في هذه الحالة الخاصة . إن مفارقة أولبرس مرتبطة بوضوح وبصورة وثيقة بمبدأ ماخ وإن الأرصاد التي تبرهن على ذلك بسيطة نسبياً ، إذا اتخذ المرء مرجعاً عطالياً لا يدور فيه نواس فوكو فسيكتشف هذا المرء أن المادة البعيدة في الكون ثابتة أيضاً في هذا المرجع وبعبارة أخرى فان القوانين التي تحكم نواس فوكو مرتبطه بوضوح بشكل ما بالمادة الأكثر بعداً . إن هذه الملاحظة يمكن أن تتم بدقة بدون أي عناء ، ولكننا ما نزال تقريباً في جهل تام حول تفسيرها .

من الممتع حقاً دراسة المدى الذي أثرت فية إعادة حل مفارقة أولبرس على تفكير عاماء الكون في كامبريدج . أي بوندي وهويل وغولد — Bondi, hoyle, Gold — ، بعد الحرب العالميـــة الثانيـــة . وبصورة خاصة بوندي حيث يحتل النقاش حول هذا الموضوع جزءاً كبيراً من كتابه وربما كان لهذا النقاش أثر كبير في جعل عاماء الكون في كامبريدج يشعرون بمقدار أهمية الجدل الفاسفي في عام الكون .

أما الفيزيائيون الأكثر ارتباطاً بالأرض وبسبب نماذجهم عن الكون المتوسع فكانوا يضعون افتراضات فلسفية مشكوكاً فيها وبدون أن يعلموا بأنهم يفعلون ذلك . لقد كانت استنتاجات علماء الكون في كامبريدج وإلى حد مــا متوقعــه وخاصــة من قبل مــاك ميلان (W.D Mac Millan) في عامي ١٩١٨ ، ١٩٢٥ . كان ماك ميلان مهتماً بصورة رئيسية بمسائل تشكل النجوم مدركاً أن المادة تتحول إلى طاقة في داخل النجوم فاختار آليه مشابهة ولكن بصورة معاكسه لشرح مفارقة أولبرس فا اقترح أن الاشعاع يختفي نوعاً ما عندما يسافر خلال الفضاء ويتحول إلى مادة . وهكذا فقد افترض أن بعض اشعاع السدم البعيدة قد تحول إلى ذرات من الهيدروجين ، تعلل وجود المادة الملحوظ بين النجوم .

المبدأ الكوني التام :

تعد هذه النظرية أقل تطرفاً وإلى حد بعيد من النظرية التي وضعها بوندي وغولد عام ١٩٤٨ حيث استندت نظريتهما على أسس فلسفية بسيطة ، أو كما ذكرا بأنهما جعلا افتراضاتهما الفلسفية واضحة أكثر مما هي غامضة . إن الخطوة الأولى في نظريتهما هي ما يسمى بالمبدأ الكوني التام . لقد رأينا سابقاً أن علماء الكونيات يفترضون عادة مبدأ يدعى المبدأ الكوني وهذا المبدأ يقول أن كل مكان في الكون يماثل إلى حد كبير أي مكان آخر فيه وهذا المبدأ يطرح بصورة دقيقة نفس الافتراضات التي استخدمت في علم الفلك منذ كوبرنيق بأن الأرض ليست مركزاً مميزاً الكون ولكنها مجرد كوكب عادي يدول حول نجم عادي . فقد افترض في المبدأ الكوني التام نفس الافتراض الذي افترض

بخصوص الفضاء ونفس الافتراض الذي افترض حول الزمن أي أن الكون افترض متماثلاً وإلى حد كبير في كل مكان وكان دوماً كذلك يتضح من ذلك أن هذه الصيغة للمبدأ الكوني أقوى بكثير من سابقتها . وبالتالي يجب النظر إلى جدل كلا المبدأين بحرص .





هيرمان بوندي Herman Bondi (إلى اليمين) (وتوماس غولد)(Tomas Gold)
وهما العالمان اللذان قلبا مفهوم علم الكون رأساً على عقب بنظرية الحالة الثابته .

وحسب رأي بوندي وغولد ، وسنأتي على ذكر رأي هويل بعد قليل ، يصبح جميع الجدل الساري حول الشكل الضيق للمبدأ الكوني سارياً على المبدأ الكوني التام .

أولاً : إن العلوم الفيزيائية تفترض على الدوام أن التجارب . يمكن اعادتها بحيث تعطي نفس النتائج وبصورة خاصة إذا أعيدت تجربه ما بعد فترة قدرها سته أشهر عندما تكون الأرض في جزء آخر

من الكون يسبب حركتها حول الشمس فاننا لن نتوقع أي اختلاف في النتيجة . إن هذه البديهية تتطلب تحديداً لبنية الكون أي لانتظامه . تصبح هذه المناقشة أقوى بكثير إذا تبين أنه يوجد ضمن التجارب الفيزيائيه . وما يرافقها من المناقشات النظرية . نوع من الملاحظات والمناقشات التي تحدث في عالم الكون . .

ثانياً : في أية نظرية لكون متغير . وكما ذكرنا من قبل . لا بد أن توجد افتراضات عن كيفية تغير القوانين الفيزيائية عند تغير المحيط بصورة تامة . هذه الافتراضات ستكون اختيارية تماماً كما أن الإستمرار بهذا الاتجاه غير مؤكد حتماً . وقد جادل بوندي وغولد بأن مثل هذا التخمين غير مطلوب فاذا كان الكون منتظماً بصورة كافية في المكان وفي الزمان عندئذ سيكون الوضع في زمنين مختلفين واحداً إلى حد كبير وهكذا فكل شيء في الفيزياء سيستمر كما عرفناه دوماً .

وقد أعطى بوندي وغولد في النهاية النقاش التالي حول كل من هذين المبدأين : نحن نمتلك وجهات نظر مختلفة حول طبيعة النظريات العلمية ، وفلاسفة العلم ما زالوا حتى الآن مختلفين بصورة كبيرة حول أي من وجهات النظر تمثل . بصورة كافية . طبيعة النظرية العلمية . وربما كان هنالك شيء ما ينبغي قوله في صالح جميع وجهات النظر وبالتأكيد لا بد من وجود بعض الحقيقة فيما طرح من وجهات النظر وبصورة خاصة ما طرح من قبل السير كارل بوبر Poper بـأن طبيعة القانون العلمي هي نفس طبيعة الفرضية . وأما التجارب المرتبطة به فهي ما اخترع بقصد برهان الفرضيه . وهكذا ومن فكرة النظرية العلميه حصل بوبر على هدفه بتجنب مسألة الاستقراء حيث تبرز هذه

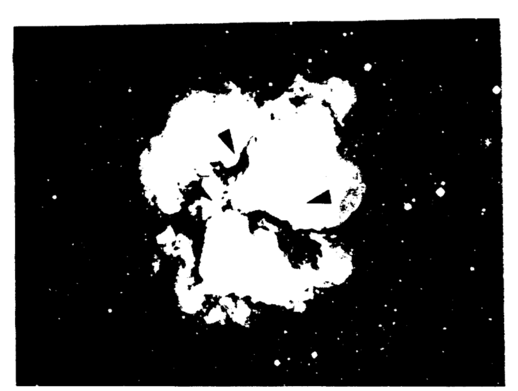
المسألة فيما إذا فكر المرء بالنظريات العامية على أنها مجموعة من الحقائق مع الافتراض بأن بعض الانتظام بين الحقائق (قانون الطبيعة) ، والذي استمر وقتاً من الزمن ، سيتابع استمراره . وهكذا يصبح من المنطقي المطالبة بالبرهان على افتراض الانتظام . يمكن الحصول على هذا البرهان باعادة التجربة ، ونظراً لأن مبدأ الانتظام يجب أن يفترض قبل تقرير برهان التجربة يصبح هذا البرهان غير صالح .

وهكذا فان أفضل النظريات العلمية من وجهة نظر بوبر هي النظريات التي تعطي فرصة أكبر للتفنيد التجريبي (ما لم يتم ذلك من قبل) . ولقد رأينا سابقاً بأن فرصة التجربة لا تتحقق من أجل نظريات توسع الكون المنطلقة من النظرية النسبية العامة بِسَبَبْ الثوابت غير المعينة الكثيرة فيها ؛ يجب تعيين هذه الثوابت بطرق تجريبية وهكذا فكلما قام المرء بتجارب أكثر عين فقط ثوابت أكثر . إن هذه النظريات لها نفس بنية نظريات التحليل النفسي لفرويد والتي تناسب الحقائق دوماً كيفما تغيرت هذه الحقائق . وعلى العكس من ذلك فان النظرية التي وضعها كل من بوندي وغولد على أساس المبدأ الكوني التام نظرية صلبة وكان من الصعب جداً في عام ١٩٤٨ تصور كيفية تغيير هذه النظرية بشكل كامل في حالة تعارض التجارب معها . وقد ظلت هذه النظرية بعد عشرين عاماً من ذلك تبدو صعبة كالسابق .

عندما يتم ربط المبدأ الكوني التام بالتوسع الملحوظ للكون يكون من الواضح بأن مادة جديدة ستتشكل للحفاظ على كثافة المادة في الكون وهكذا فعندما تتباعد السدم « ذات العمر المديد » يكون من الضروري لهذه المادة المتشكلة أن تتكثف في سدم جديدة ، في الفراغ

الكائن فيما بينها ، وعلى أساس ذلك سيكون هنالك توزع عام السدم من مختلف الأعمار . يبدو لأول وهلة وكأن هذه النظرية ستتنبأ بزيادة مستمرة لكتلة الكون مما يعارض مبادئها الأساسية . ولكن الأمر في الحقيقة ليس كذلك ففي أية نظرية عن الكون يجب علينا أن نتعامل . في جميع الأوقات ، مع الكون الملحوظ فعندما تتباعد السدم بسرعة متزايدة فان أكثرها بعداً ، والتي نستطيع مراقبتها ، ذات سرعة مقتربة من سرعة الضوء . وفي الحقيقة فعندما تقترب سرعة السدم كثيراً من سرعة الضوء فسينزاح ضوؤها إلى حد كبير نحو النهاية الحمراء للطيف ، وهكذا نستطيع الحصول على قدر متناقص من الطاقة ، وعندما تصل سرعة السدم إلى سرعة الضوء فعلاً لا نستطيع أن نرى هذه السدم مطلقاً . عندما تكون المادة أبعد من ذلك لا تكون حينئذ جزءاً منتمياً إلى الكون الملحوظ . إن تشكل المادة الجديدة محلياً يزود الكون الملحوظ فقط بالكتلة الثابتة . من هذه الافتراضات كان من الممكن لبوندي وغولد أن يحسبا بصورة دقيقة معدل تشكل المادة الجديدة اللازمة بسبب حفظ التوازن ويشير ذلك إلى تشكل ذرة هيدروجين في حجم كالحجم الذي يشغله منزل عادي مرة كل مائة مليون عام .

ويجب أن نذكر هنا بصورة خاصة أن نظرية بوندي وغولد مستقلة تماماً عن نظرية الأكوان النسبية التي ناقشناها من قبل . لم يستخدم بوندي وغولد معادلات الحقل الخاصة بالنظرية النسبية العامة لآينشتاين . لقد كانت متانة صياغة المبدأ الكوني كافية لكي تعطيهما كل شيء أراداه .



يعد السديم ثلاثي الشعب في كوكبة القوس أحد المناطق التي يظن بأن نجوماً جديدة تتشكل فيها (عند النقاط التي أشير بسهم إليها) هل يعتمد هذا التشكل على ظهور مادة جديدة – أو هل يوحي نموذج الحالة الثابتة إلى تشكل منتظم يليه تكثف إلى نجوم

نظرية هويل :

في نفس الوقت الذي نشر فيه بوندي وغولد نظريتهما قام هويل . الذي كان على اتصال وثيق معهما ، بنشر نظرية أخرى مختلفة . في هذا الوقت كانت آراء هويل منسجمة بصورة تامة مع آراء بوندي وغولد ولكنه بالإضافة إلى ذلك كان قادراً على اظهار امكانية اتفاق هذه الآراء مع النظرية النسبية العامة . وفي الحقيقة فقد ساد قدر من الجدل ولبعض الوقت حول تفضيل احدى النظرتيين على الأخرى على الرغم من عدم وجود اختلاف كبير بينهما يدعو للقلق وقد استبان ذلك بعد الرجوع اليهما بعد عشرين عاماً . إن هنالك فرقاً كبيراً بين توقعات نظريات بوندي وغولد وهويل من جهة ونتائج النظريات المستندة على النظرية النسبية من جهة أخرى ، على الرغم من الاعتراضات الفلسفية

البراقة للنظريات الأخيرة . فعند الأخذ بعين الاعتبار ما تم رصده تجريبياً فيما بعد ، يجب أن يتذكر المرء الحرج الذي سببته هاتان النظريتان ويجب القول هنا فوراً إننا لا نستطيع أن نتخذ مع ذلك قراراً محدداً . ففي أوقات متعددة وخلال السنوات العشرين الأخيرة تعرضت نظرية الحالة الثابتة لضغط شديد من الراصدين وخاصة في عام ١٩٦٦ بسبب معرفة توزع المصادر الراديوية بصورة دقيقة وموثوقة مما دعا إلى استحالة الحفاظ على نظرية الحالة الثابتة بشكلها الأصلي .



لقد وفق فريد هويل – Fred hoyle – ما بين اراء بوندي وغولد والنسبية العامة أما في الجدل القائم حديثاً فيما إذا كانت الأرصاد تسمح ببقاء نظرية الحالة الثابتة فقد كان من أكثر المدافعين عن هذه النظرية

سنناقش هذه النقطة بمزيد من التفصيل في الفصل القادم ويكفينا في الوقت الحالي الإشارة إلى ما ذكر عن الفكرة العامة للفلك الراديوي في الفصل الأول . وفي الحقيقة عندما أمكن تعيين عدد أكبر من المصادر وكذلك تعيين البعد عن هذه المصادر تبين أن هنالك عدداً عند المسافات الشاسعة البعد ، أكبر مما يتوقعه المرء من التوزع المنتظم . بالطبع نحن نتوقع مصادر أكثر على مسافات شاسعة بسبب الفراغ المتزايد بازدياد

المسافة ولكن عدد هذه المصادر يزداد بصورة غير متوقعه وحيث لم يحاول أحد من علماء الكون شرح ذلك بافتراض كون غير منتظم في الفراغ فان الخيار الوحيد هو عدم افتراض الانتظام في الزمن وذلك يعين رفض المبدأ الكوني التام ويمكن بعد ذلك أن تعزى الزيادة في عدد المصادر الراديوية البعيدة إلى انتاج قدر أكبر منها في المراحل الأولى من تاريخ الكون . هذه الزيادة ترى عند مسافة شاسعة لأن الانفجار العام دفع وباعد أول المادة الناتجة إلى أبعد حد عن بعضها .

كان سبب الضغط الذي تعرضت له نظرية الحالة الثابتة – Steady state-theory – في مناسبات سابقة سوء فهم الأرصاد المجراة أو عدم صحة هذه الأرصاد أصلاً وقد تمكن هويل من طرح نظرية أكثر تشذيباً من أجل المحافظة على روح نظرية الحالة الثابتة التي يمكن أن تعدل لتصبح قادرة على شرح مختلف الأرصاد . إن شرح التشذيب الذي قام به هويل سيستغرق منا وقتاً طويلاً فيما إذا نوقش بالتفصيل وقد قبل هذا التشذيب الذي يتفق مع فرضيات الحالة الثابتة عالمياً . يشير تعديل هويل ويؤكد بصورة جوهرية على أنه بالرغم من أن الكون في حالة ثابتة عندما ننظر اليه بمقياس كبير بما فيه الكفاية فإن ما نراه فعلاً هو مجرد اضطراب محلي . ومع مرور الزمن أصبح معروفاً أن زيادة عدد المصادر الراديوية أقل مما كان متوقعاً ، ويذكرنا ذلك بعدم التأكد من تعينيات المسافة ، بحيث يمكن أن يقال بأنه غير متفق تماماً مع نظرية الحالة الثابته .

إن كون النظرية قد نجحت في المناسبات السابقة لا يعني أنها ستنجو دوماً في المستقبل . وفي وقت . تسطير هذا المؤلف وقعت مرة ثانية تحت

ضغط شديد جداً ولا نستطيع أن نعلم نتيجة هذا الضغط ولكننا نستطيع أن نتريل كما قلنا في وقت سابق بأنه إذا كان لنظرية الحالة الثابتة أن تنتهي فسيكون علم الكون في وضع أسوأ من الوضع الذي يمكن أن نتخيله قبل عام ١٩٤٨ حينما وضعت النظرية لأننا ندرك الآن بأنه ليست لدينا أية معرفة على الإطلاق لبناء نظرية كونية ما لم نقترح بعض افتراضات الإنتظام ويكون المرشح الوحيد الواضح هو المبدأ الكوني التام .

ستوصف النتائج التجريبية في الفصل القادم ، ولكن قبل أن نصل إليها نلاحظ أن هنالك جزءاً من برهان في صالح نظرية الحالة الثابتة يمكن أن يذكر . لقد ناقشنا في السابق وبصورة عامة محور الزمن حيث أن في الكون الحقيقي عنصراً من عدم العكوسية وإن أحد السبل التي نشرح بها ذلك في الفيزياء عبارة الترتيب وهكذا يتم تعريف الكمية التي تمثل مقدار الترتيب في الجماعة ، هذا الترتيب دوماً في تناقص .

لقد عالجنا في مناقشتنا السابقة مثالاً آخر عن محور الزمن ، وعندما أتينا على حل معادلات ماكسويل الكهردينامية — Electro dynamics — والتي تحدثنا عنها في فصل سابق ، وجدنا أن الحل من أجل الحقل حول هوائي محطة الارسال له شكل ، على الرغم من أنه يصف الموجات المتحركة خارجاً بجميع الاتجاهات ، فاننا نستطيع أن نشتق منه . وبتعديل طفيف ، حلاً يصف الموجات الداخلة إلى هوائي الإرسال من جميع الاتجاهات ولا يختلف ذلك بالطبع لأن المعادلة (أي النظرية) المعينة لا تتأثر فيما اذا وضع شريط البث في الاتجاه الخاطيء ، على الرغم من أننا نعلم في عالم الفيزياء بأن المرسلات ترسل نحو الخارج ولا تستقبل شيئاً . وأيضاً فقد رأينا من مشاهداتنا أن كوننا

الفريد يتوسع فعلاً ولا يتقلص وذلك توضيح ثالث لمحور الزمن . يميل الناس بصورة طبيعية للاعتقاد بأن هنالك علاقة سببية ما بين هذه الأمثلة المختلفة عن محور الزمن .

يستطيع المرء بصورة عامة أن يرى ، أن النقاش الكهرطيسي يمكن أن يعمل بتوسع الكون . فاذا كان الكون يتوسع فان ذلك يعني أن الطاقة يمكن أن تشع إلى مسافات نائية حيث تضيع ، أما الكون المتقلص فلا يسمح بهذا الضياع الكبير للاشعاع وسيجعل جزءاً منه يعود إلى المرسل . هذا يعني أن التوسع يختار من الحلول المحتمله المعادلات . الكهرطيسية تلك الحلول الخاصة التي تمت مشاهدتها وعندما نحاول أن نستخرج ذلك بالتفصيل في الكون الحقيقي لا يتم ذلك بهذه الصورة المباشره . لقد أظهر رو – P.E Roe – بأن نماذج فريدمان لوميتر للكون لا تزود المرء بمحور كهرديناميي – Ele ctro dynamics – كما يتوقع . في حين أن نموذج الحالة الثابتة يفعل ذلك وبصورة مقنعة ويقدم ذلك جدلاً متيناً في صالح نموذج الحالة الثابتة سواء بشكله الحالي أو بشكله المعدل .

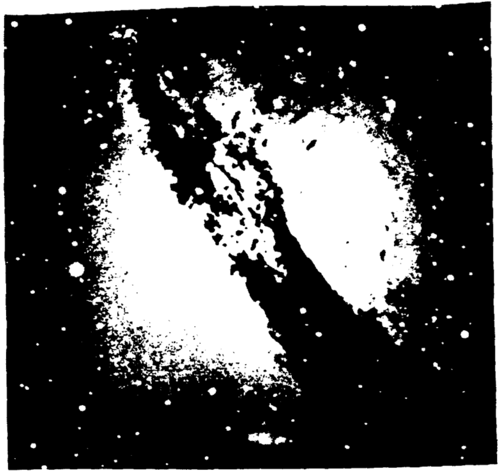
في مثل هذا الوضع المتأزم . ربما يتساءل القارىء فيما إذا كان جواب النقاش موضوع الجدل يكمن في شيء آخر حيث من الممكن أن تكون كل من مدرستي الفكر الكوني السائدتين خاطئة وأنه من أجل الحصول على نظرية صحيحة يجب علينا وضع افتراضات جديدة تماماً . الآن وبسبب طبيعة الافتراضات التي افترضت من قَبلُ من قِبل نظرية الحالة الثابتة أو نظرية الانفجار الكوني الأعظم فان أي افتراضات جديدة ستكذب حتماً آراء متبولة لدينا . لن يحكم ذلك بالطبع النظريات الجديدة

بالضرورة ، ولكن من احدى التأثيرات الهامة والمفيدة للنظريات هي الطريقة التي تدفعنا بها لتغيير بعض آرائنا الباقية في الأذهان . ولكن ذلك لا يعني بأن لدينا فكرة ضئيلة عن كيفية الشروع بصياغة نظريات كهذه حتى نعلم قدراً وافياً عن كلا النظريتين القائمتين اللتين يتعذر الدفاع عنهما . سنناقش فيما يلي بعض الاقتراحات المتنوعة ، بهدف تشكيل نظريات جديدة وسينصب اهتمامنا على اقتراحين رئيسيين .

في الأعوام التي سبقت عام ١٩٦٠ أخفقت الأرصاد التجريبية الهادفة إلى انتخاب احدى النظريات المتنافسة في تقرير نتيجة معينه ، إن أي برهان في صالح احدى النظريتين يرافقه برهان آخر (مختلف تماماً في النوع) في صالح النظرية الأخرى . إن قدراً كبيراً من العمل قد أنجز فعلاً ، من العدل أن نذكر أن كثيراً من الأجسام السماوية ، من نفس النوع السابق قد اكتشفت ولكن الرصد الجاهد قد انخفض إلى حدود رقمية بمقادير مختلفة بدون أن يكشف عن أي جديد يثير الإهتمام .

العقد الماضي الأخير

من المناسب أن نصف الوضع في بداية الستينات كما يلي : كان مترعمو نموذج الانفجار الكوني ميالين كالمعتاد إلى المنطق والصراحة في طريقتهم ولكنهم كانوا واقعين تحت حصار شديد من معارضيهم أصحاب نظرية الحالة الثابتة الذين يعتبرونهم ساذجين في دعواهم لأنهم لا يصنعون افتراضات غيبية . وكانوا ينتقدونهم بقسوة لتقديمهم فقط اطاراً يحوي مجموعة من النماذج المحتملة بدلاً من نموذج واحد كنموذج كون الحالة الثابتة .



تصدر مجرة NC5128 الواقعة في سديم الظلمان والتي يقطعها عمود من الغبار ضجيجاً راديوياً أقوى بالاف المرات مما تصدره المجرة العادية ويبقى ذلك في الحقيقة لغزاً من ألغاز هذا الكون

ومع ذلك فقد كان هنالك تحول كبير في الرأي ابتداء من عام ١٩٦١ عندما أعلن السير مارتن رايل (Martin Ryle) من جامعة كامبريدج نتائج احصائيات تعداد المصادر الراديوية ، ومن الأفضل أن نوضح تفاصيل هذه الاحصائيات حتى لا يدهشنا تغايرها . ويفيد الافتراض الذي وضعه رايل على غرار افتراض أولبرس وبالأحرى هيرشل بأن المصادر الراديوية على العموم لها نفس اللمعان الحقيقي ، أي مقداره ، وعلى أساس هذا الافتراض كان رايل قادراً على تعيين المسافة الفاصلة عن هذه المصادر وعلى تحديد أبعادها عند أية مسافة معطاة معتمداً على مقدار خفوتها . وقد كانت نتائج عام ١٩٦١ وفقاً لتفسيره مثيرة . وبالطبع ومن أجل أي نموذج للكون ، فان عدد المصادر الراديوية عند المسافات الشاسعة سيزداد . فمن أجل النموذج الساكن والمتجانس سيزداد بحيث يكون مجموع الإشعاع المستقبل من مصادر ذات أي لمعان ملحوظ ثابتاً . أما في نموذج الكون المتوسع التقليدي فسيتضح أن هنالك نقصاناً بسيطاً في مجموع الإشعاع المستقبل بالإضافة إلى لمعان معقول (ويوافق ذلك زيادة أقل سرعة في أعداد المصادر حسب المسافة ، أي مصادر أقل بعداً) وأما من أجل نموذج الحالة الثابتة ، فيكون النقصان في مجموع الإشعاع المستقبل أكبر بكثير . لقد رصد رايل اشعاعاً في المناطق البعيدة أكثر مما رصد في المناطق القريبة بما يخالف تماماً كلاً من نموذجي الحالة الثابتة ، وتمدد الكون التقليديين . إن تنبؤ نظرية الحالة الثابتة بالفعل كان بخطأ ذي معامل مقداره ٥ أو ٦ . لقد كان هنالك بعض الشك في نتائج احصائيات تعداد المصادر الراديوية حيث ثبت خطأ بعضها ولكن خطأنا في الماضي لا يعني أبداً أن نخطىء الآن بالضرورة .

إن مثل هذا الافتراء التام قد أخطأ في البداية في دحض النظرتيين بصورة مميزة ولكن تعداد المصادر الراديوية استمر وأصبح الوضع عام ١٩٦٦ أكثر تحدياً . لقد اتضح أن أرقام رايل الأصلية تعتمد على استعماله ولسوء الحظ مصدراً راديوياً شاذاً إلى حد ما كمعيار المسافة . ويمكن أن تخص الأرصاد التي أجريت عام ١٩٦٦ (والتي تضمنت بصورة طبيعية المزيد من المصادر) جزئياً في كامبريدج وجزئياً في استراليا ، وبدون الدخول في التفصيلات التقنية بالقول ، إن تعايل عدد المصادر حسب المسافات يمكن أن ينحصر بأربع اجابات مرتبة كالتالي : الأرصاد الراديوية لعام ١٩٦٦ ثم الكون الساكن فالكون المتوسع التقليدي وأخيراً نظرية الحالة الثابتة . لقد ظلت الإجابات الآن مرتبة كالسابق ولكن الفجوات فيما بينها أصبحت متساوية تقريباً . وهكذا فعلى الرغم من أن نظرية الإنفجار الكوني الأعظم التقليدية كانت حسب الأرصاد خاطئة بالنسبة لنظرية الكون الثابت فان نظرية الحالة الثابتة تعد أشد خطأ . في هذا الوقت تبنى هويل وجهة النظر القائله بأن نظرية الحالة الثابتة لم تعد مقبوله وشرع باعادة بنائها .



تستخدم المراصد الثلاثة التي تتضمن مرصد كامبريدج لتحديد مصادر الأشعة الراديوية في الفضاء وتستطيع هذه المراصد التحرك بصورة نسبيه بالنسبة إلى بعضها حيث ترسل الإشارات الملتقطة إلى مختبر مركزي . يتم في المختبر المركزي مزج الاشارات القادمة من المراصد المختلفة وتحليلها .

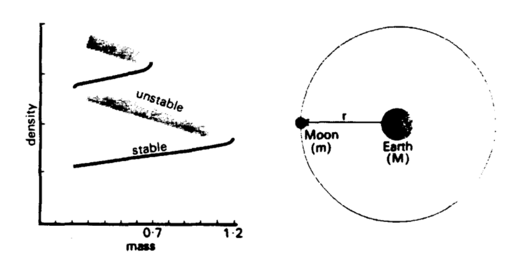
لم يتشعب تعداد المصادر الراديوية فيما بعد عن نظرية الحالة الثابتة بما هو أكثر من تعداد عام ١٩٧٦ . على الرغم من عدم وجود أي دليل قوي على التقارب . ولكن الإهتمام ابتدأ يتركز على دليل جديد ذي طابع مثير ومشوق .

الأرصاد ونظرية النسبية العامة :

يمكن اعتبار الأرصاد الجديدة ، هنا وكما في حالات كثيرة في العلم ، جزءاً من النظرية . ينبغي علينا الآن العودة إلى نظرية النسبية العامة حيث تنبأت هذه النظرية بمجموعة من التنبؤات قبل عام ١٩٦٠ مما جعل الأرصاد في ذلك الوقت مثيرة الغاية . لنبتدىء بتذكر الكيفية التي صاغ بها نيوتن قانونه . لقد اعتبر أن القوة الفاعلة بين أي جسمين متناسبة طرداً مع كتلة هذين الجسمين وعكساً مع مربع المسافة بينهما . إن النقطة الهامة التي يجب أن نشير اليها في نقاشنا الحالي هي أن هذه القوة المذكورة هي قوة جاذبة دوماً وتزداد بازدياد الكتلة . وذلك على تضاد تام مع حالة الكهرطيسية حيث تعتمد القوة ما بين شحنتين على الإشارة الجبرية لحداء هاتين الشحنتين . ولكن إذا اعتبر المرء مجموعة عشوائية من الشحنات فان بعض هذه الشحنات سيكون موجباً وبعضها سيكون سالباً وستلغي الشحنة السالبة الشحنة الموجبة وستنخفض القوة الحاصلة هذا بالإضافة إلى تأثير التشبع الذي يحدث في حالة وجود القوى ما بين الشحنات . إن هنالك المزيد من الأمور المعقدة ، ينبغي شرحها ، ولكنها تظهر لأن الشحنات تؤثر إلى حد ما على محيطها وتميل لأن تحذف جذبها الخاص إن أياً من هذه التأثيرات لا يحدث في حالة الثقالة .

إن هنالك سؤالاً تقليدياً حول نظرية الثقاله يطرح نفسه باستمرار وهو يسأل عن مصير كرة خاضعة لفعل جاذبيتها الثقالية فقط وغير خاضعة لأفعال قوى أخرى . ستجذب جميع جسيمات هذه الكرة بعضها بعضاً وإذا لم توجد قوىً أخرى فاعلة (ويقصد بذلك القوى

الذرية ما بين الجسيمات المختلفة للكرة) فلا يوجد عندئذ ما يمنع من هذا التجاذب إن هذه الكرة ستتقاص بالتدريج ، ويمكن لذالك أن يتم بصورة مقنعة تماماً وفقاً الثقالة النيوتنية ولكن هنالك حقيقة غريبة نوعــاً ما وهي أن الوقت الذي تستغرقه الكرة كي تتقاص لا يعتمد على قطر هذه الكرة وإنما يعتمد على كثافتها فقط . إن كرة من الماء مهما كان حجمها ، إذا أمكن تصور ذالك وإذا اختفت القوى الذرية منها فجأة، ستتقاص خلال ربع ساعة إلى العدم . إن التقلص إلى العدم أمر صعب التصور ويشار إليه عادة بالإنهيار الكارثي النهائي . إن تعبير كارثي قد يشير إلى الكرة أو إلى النظرية وذالك مطروح للبحث .



الشكل الأيمن : ينص قانون نيوتن في الثقالة على أن قوة التجاذب الفاعلة بين كتلتين ، ق ، ذات مقدار يتناسب مع الكتلتين ومنحى يمتد بينهما . وفي حالة الأرض والقمر يكون لدينا ق = $\frac{\text{ثا ك ك}}{\text{ر}^{٢}}$ حيث ثا هو ثابت الثقالة .

الشكل الأيسر : إن زيادة مقدار المادة في نجم كثيف تسبب فقداناً لا نهائياً للتوازن عندما يعرف بنقطة الانهيار . عندها تكون الكتلة مساويه ١,٢ من كتلة الشمس . وقد مثل ازدياد الكثافة على الشكل بقفزة . تستمر العملية بعد ذلك حتى ، الوصول إلى نقطة الانهيار الثاني أما النقطة النهائيه لإزدياد اخر في الكثافة فهي غير معروفة

لنتصور أن المسألة برمتها قد ترجمت إلى النسبية العامة . إن العملية نفسها ستحدث وإلى حد بعيد في البدء وذلك لأن الجاذبية النيوتنية تقريب جيد للنسبية العامة . إن علينا أن نتذكر أن النسبية العامة هي النظرية التي تنتج عند جعل الجاذبية النيوتنية منسجمة مع النسبية الخاصة . الآن وفي النسبية الخاصة هنالك ثابت معين له دور مميز في النظرية . هذا الثابت هو سرعة الضوء ض . كما أن في الجاذبية النيوتونيه ثابتاً آخر وعلى قدر من الأهمية هو ثابت الثقالة ج . لنعتبر الآن كتلة ك . والتي يمكن أن تكون كرتنا الأصلية فنجد . بحساب ابتدائي انطلاقاً من النظرية أن الكمية ج $\frac{ك}{ض^2}$ تمثل قياساً الطول ، ونحن لسنا جاهلين الأوضاع في النظريات العلمية حيث تمثل الأطوال الحرجة دوراً هاماً . إن الأوضاع التي تظهر فيها كميات كهذه هي الأوضاع التي تبتدىء عندها النظرية بأخذ صفات شاذة أو بالأحرى تبتدىء عندها النظرية بالانهيار وعلى سبيل المثال . وكما ذكرنا من قبل بأن السرعات القريبة من سرعة الضوء تمتلك خواص غريبة جداً في النسبية الخاصة وعلى هذا يجب أن نهتم بالبحث في موضوع الطول الحرج المرتبط بأية كتلة خاصة في النسبية العامة .

إن السؤال الأول الذي يجب طرحه هو مقدار هذا الطول الحرج . فمن أجل جسم تعادل كتلته كتلة الشمس يكون هذا الطول من رتبة نصف ميل . وبعبارة أخرى إذا تصورنا أن الشمس تقلصت بسبب انعدام جميع القوى الداخلية فيها . كما هو الأمر في حالة كرة الماء السالفة الذكر ، فاننا نتوقع شيئاً شاذاً سيحدث عندما يصل نصف القطر إلى مقدار نصف ميل . ربما يبدو ذلك تساؤلاً أكاديمياً بحتاً لأنه من غير

المحتمل أبداً أن يصل قطر جسم معين إلى القطر الحرج . لأن هنالك دوماً قوى أخرى فاعلة . وللإجابة عن هذا التساؤل سنعود قليلاً إلى الوراء وندون النقاش الفيزيائي لمسائل الأشعاع النجمي . تنتج النجوم قدراً هائلاً من الإشعاع نراه قادماً منها وبصورة خاصة يظهر لدينا بوضوح ما نراه قادماً من الشمس . هذا الإشعاع يحدث بسبب تفاعلات نووية حرارية أو بعبارة أخرى انفجارات ذرية محكومة بشكل جيد . ومع ذلك فنحن نعلم أن مقدار الوقود اللازم لمثل هذه التفاعلات الذرية في تناقص مستمر وستستهلك التفاعلات النووية الحرارية المادة وسيترك النجم بارداً في درجة الصفر المطلق .

الآن ، ما هو الشكل الذي ستأخذه المادة في هذه الحالة ؟ إن علينا أن نتذكر أن هنالك بالإضافة إلى قوة الجاذبية قوى أخرى فاعلة هي القوى الكيميائية والنووية ويستطيع المرء رؤية الأهمية النسبية لهذه القوى باعتبار مجموعات صغيرة من المادة . تتألف المادة من أنواع متعددة من الجسيمات الأولية بعضها ثقيل كالبروتون وبعضها وهي الجسيمات التي تزودنا بالشحنة كالالكترون ذات كتلة صغيرة جداً . وتدعى الجسيمات التي تمتلك القدر الأكبر من الكتلة بالباريونات — Baryons — أو الجسيمات الثقيلة . وفي نقاشنا الحالي لا نخطيء كثيراً عند استبدال كلمة الباريون بكلمة البروتون . إذا أخذنا مجموعة من الباريونات من أجل بناء بعض المادة فان هذه المجموعة قد تكون مشحونة وبالتالي إذا كانت هذه المجموعة مؤلفة من البروتونات فانها حتماً مشحونة ومن أجل صنع مادة محايدة يجب علينا اضافة مقدار معين من الالكترونات . نستطيع أن نهمل كتلة الالكترونات فيما يلي من حساب . وهكذا ففي حالة حساب قوى الثقالة تكون الالكترونات غير هامة .

وهكذا إذا تركت مجموعة من الجسيمات فانها وفقاً للمبادىء الفيزيائية المعروفة سوف تستقر في أخفض حالة ممكنة من الطاقة . وكمثال على ذلك كرة المضرب . فهي عندما تستقر في أسفل الحفرة تكون في أدنى طاقة حركية لأنها ساكنة وأدنى طاقة كامنه لأنها في أسفل الحفره . إن هذه الحالة ذات الطاقة الأصغرية تدعى حالة التوازن وقد تم حساب حالة التوازن تلك من أجل عدد صغير نسبياً من الباريونات . وبصورة خاصة إذا اعتبرنا محموعة مؤلفة من ٥٦٠ باريوناً فان هذه المجموعة لها حالة توازن فريدة وتتألف من عشر ذرات من الحديد . بوزن ذري قدره ٥٦ ، مرتبة في شبكة بللورية واحدة معينة . إن سبب احتواء حالة التوازن على الحديد دونما غيره من العناصر الأخرى التي يمكن أن تنتج عند ترتيب الباريونات بشكل مختلف هو القوى النووية فيما بين الباريونات إن الشبكة البللورية يمكن أن تتعين بوساطة القوى الكيميائية ويستطيع المرء أن يأخذ ما شاء من مضاعفات ٥٦×١٠^٤١ حيث سيشكل ذلك فرقاً يسيطاً جداً . إن أدنى حالة طاقة ستبقى مؤلفة من حديد وزنه الذري ٥٦ . وسيكون الحديد الآن على شكل كرة نصف قطرها حوالي خمسة أميال . عندما يستمر المرء بأخذ مجموعات أكبر فأكبر من الباريونات تتضح عندئذ أمامه معالم مختلفة . فعندما تبلغ هذه الباريونات كتلة أكبر من كتلة الشمس فان الالكترونات في المناطق المركزية ستسحق إلى حجوم صغيرة بحيث تبتدىء بالاتحاد مع البروتونات مشكلة النترونات . إذا أضيف المزيد من الباريونات إلى الكتلة الحرجة فسيكون هنالك انهيار للحجم وسيزداد الضغط المركزي بصورة أكبر وكنتيجة لذلك سيحطم المزيد من الالكترونات بالاتحاد مع البروتونات مشكلاً قدراً أكبر من النترونات . إن المناطق المركزية سوف تتقلص .

هذا التقلص سوف يقرب أجزاء النجم بعضاً إلى بعض . وهكذا فبنقصان المسافات الحاصل ستزداد قوى الجاذبية وبالتالي الضغوط . إن الكترونات أخرى ستتحطم عندما تتحد بالبروتونات وسيأخذ الانهيار شكلاً أسرع فأسرع .

يبدو وكأن هنالك نقطة توازن نهائية لهذا الانهيار عندما تتحول جميع البروتونات إلى نترونات بحيث تكون النتيجة ما يعرف اليوم بالنجم النتروني ، ولكن الأمر ليس كذلك . يقع الانهيار الأول عندما تكون الكتلة مساوية لـ ١,٢ من كتلة الشمس . الآن وعندما تكون كثافة النجم عالية جداً نجد أن الكتلة الحرجة التي سيحدث الانهيار عندها مساوية ٠,٧ من كتلة الشمس . ولذلك فلا نستطيع الافتراض بأن الانهيار الابتدائي سيتوقف عند وضع توازن ذي كثافة عالية جداً . تظهر الدراسات التفصيلية بدلاً من ذلك بأن الإنهيار الثاني سيحدث عندما تساوي الكتلة ٠,٧ من كتلة الشمس . في هذه الحالة لا تسحق فقط القوى الكيميائية بحيث تندفع الجسيمات لتصبح قريبة جداً من بعضها كالسابق ولكن تسحق أيضاً القوى النووية . هذه القوى التي سببت للنموذج أن يكون مؤلفاً من الحديد دونما غيره . عندما تنسحق القوى النووية تسود قوة الجاذبية .

هل في وسعنا تجنب الاستنتاج بأن الإنهيار الكارثي سيحدث ولو أصبحت المادة ذات كثافة عالية جداً ؟ . كلا ، إن هذا مستحيل لأن الإجابة عن مثل هذا السؤال وبسبب حدوث الكثافة العالية جداً لا يمكن أن تتم إلا بالاستعانة بالنظرية النسبية العامة ، وعندما يدرس المرء بدقة تفاصيل توزع المادة في النسبية العامة يجد بأن ضغط المادة يسهم بحد إضافي يجب أن يضاف إلى الكتلة وهكذا فعندما يبتدىء المرء باضافة

مقادير ضئيلة من الكتلة إلى مادة كثيفة جداً وخاضعة لضغط عالٍ جداً فانه سيجد بأن ازدياد الضغط يسبب ازدياد الكتلة . وفي جميع الحالات فان مبدأ السائل غير القابل للانضغاط المقبول في المنطق العادي غير مقبول في نظرية النسبية والسبب في ذلك هو أننا عندما نقول سائلاً غير قابل للانضغاط فاننا نعني بأنه لا يمكن ضغط هذا السائل أبداً وهكذا فاذا طبقنا على هذا السائل قوة من احدى الجهات وجب أن تستجيب الجهة المقابلة برد فعل مساوٍ ويجب أن تكون هذه الاستجابة فورية . وهكذا فقد نقل الجسم غير القابل للانضغاط الإشارات عبر نفسه فوراً . أي أن سرعة الصوت في جسم كهذا قد فاقت سرعة الضوء ولكننا رأينا من قبل في النسبية الخاصة أنه لا يمكن لأية اشارة أن تتجاوز هذه السرعة .



تعد ألسنة النار المتصاعدة من الشمس دليلا على مقدار الطاقة الهائل الذي تفقده النجوم . ولا بد للوقود اللازم من أجل التفاعلات الحرارية النووية من النفاذ وستتبرد النجوم حينئذ إلى درجة الصفر المطلق

يبدو أن النوع الثاني من عدم التوازن لا مفر منه ويوضع المرء من جديد أمام السؤال الصعب التالي . ما هي الحالة النهائية للجملة إذا كان هنالك مثل هذه الحالة ؟ . هل من الممكن أن نتصور أن المادة العادية ستنتهي من الوجود أخيراً بشكل ما ؟

إن الفناء الذي نشير إليه هنا لا يشبه فناء الأزواج المادية المتضادة الموصوف في ميكانيك الكم حيث يتحد في هذا الميكانيك كل من الالكترون والبوزتيرون بطريقة ما بحيث تختفي المادة ولكن يستعاض عن هذا الزوج بطاقة كافية تجعل توازن الطاقة صحيحاً . أما في حالة الانهيار النهائي فيبدو وكأن المادة ستختفي بمجملها حتماً . إن معالجة هذه المسألة وفقاً للنظرية النسبية العامة هو أمر معقد . فحالما يبدأ هذا الإنهيار الكارثي النهائي ستتوضع المادة في نهاية المطاف ضمن كرة ذات نصف قطر أدنى من نصف القطر الحرج المشار إليه اعلاه والمرتبط بكتلة الكرة . ومما يستحق الدراسة بالفعل رؤية ماذا تقول النظرية النسبية العامة حول مسألة المادة المنضغطة إلى هذا الحد الكبير . لقد طرح ماك كريا — William Mc crea — النقاش التالي . إذا كانت لدينا كرة كتلتها ك ونصف قطرها ر وتصورنا . أننا احضرنا جسيماً . ليضاف إلى كتلتها . كتلته كَ . من اللا نهاية ووضعناه على سطحها . نستطيع أن نحسب استناداً إلى النظرية النيوتنية في الثقالة مقدار الطاقة الكامنة التي خسرها الجسيم . إن هذه الطاقة الكامنة هي جزء من الطاقة الكلية للجسيم ويفترض أن ترتبط بالكتلة المضافة إلى الكرة بعلاقة الطاقة والكتلة قد = ك ض² المشار إليها سابقاً . يتضح إذاً أن مقدار الكتلة المضافة إلى الكرة هو أدنى مما أضيف إلى اللا نهاية بقدر معين . يزداد هذا القدر بنقصان نصف قطر الكرة وعندما يصل نصف القطر إلى طول

نصف القطر الحرج فان الفقدان الإضافي للطاقة الكامنة يلغي إضافة أية مادة ، بحيث لا تضاف أية مادة على الإطلاق ، يشير ماك كريا من خلال هذا الحساب بأنه يتعذر على أي جسم أن يتقلص دون نصف القطر الحرج وإن أية محاولة لإضافة المادة بهدف احداث التقلص ستفشل لأن الطاقة الموافقة للكتلة تتبدد بشكل إشعاع .

يخلق هذا الرأي صعوبات جمة عندما نتذكر أن النسبية العامة ليست نظرية مستقلة عن الفيزياء أو شاملة لها ولكنها مجرد جزء من هذه الفيزياء وأن هنالك . جزءاً آخر مهماً في الفيزياء وهو ميكانيك الكم . وفي هذا الميكانيك قاعدة انحفاظ الباريونات ، أي ، كما يعتقد . أن العدد لإجمالي للباريونات في أية جملة ميكانيكية كمية ثابتة . إن المادة التي أحضرت من اللا نهاية في التجربة السابقة تتضمن الباريونات بصورة أساسية ولكن عندما أحضرت عادت على شكل اشعاع ونحن نعلم أن هذا الاشعاع عبارة عن جسيمات ضوئية وفي هذه الحالة لا نستطيع تجنب الاستنتاج بأن عدد الباريونات لم يبق ثابتاً مما يخالف تماماً الصيغ الحالية لميكانيك الكم . وفي الحقيقة لا يوجد تضارب ضمن كلا النظريتين ولا يوجد أيضاً نظرية شاملة تحويهما .

والآن ، إذا كان عدد الباريونات في الكون ليست له قيمة ثابتة على الدوام فسوف تتشكل الحالة التي يكون فيها عدد الباريونات متحولاً معيناً ضمن نظرية شاملة مناسبة . وإذا كان لا بد من تغير هذا التابع فان أفضل الشروط لتحقيق التغير هي بالتأكيد الكثافة العالية التي تحدث في الأجسام شديدة التقلص . وأكثر من ذلك فان لمجمل هذه النظرية تطبيق مدهش إلى حد ما ومباشر على النماذج الكونية بمجملها فبدلاً من

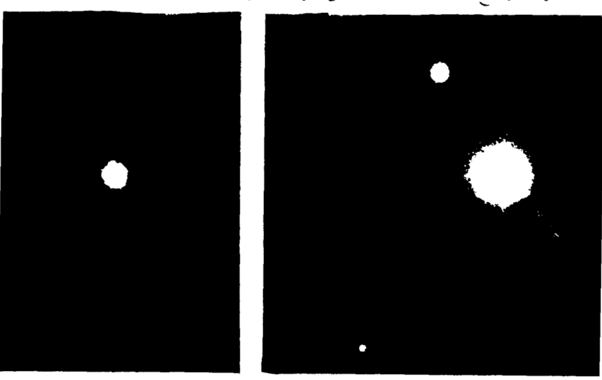
اعتبار أن الجسم يتقلص يستطيع المرء اعتباره يتمدد ويعني ذلك إدارة الشريط السينمائي إلى الوراء وسيقود نوع من المناقشة التي أجريناها حينئذ إلى استنتاجات مناظرة في كون متمدد .

دلائل من الرصد العملي :

لندع هذه المناقشة النظرية جانباً .. لفترة وجيزة . ولنتساءل عن الطريقة العملية التي يمكن أن نرصد بوساطتها التقلص أو التهافت الكارثي . أو ظواهراً أخرى مماثلة . لم يكن هنالك في بادىء الأمر أدنى أمل في رؤية التهافت الثقالي وكان يظن أن ما يمكن أن نراه هو ما يعرف بالنجم النتروني . هذا النجم الذي يشكل نقطة حرجة في مثل هذا الموضوع . حيث يعتقد أن له نصف قطر مساوياً لسته أميال فقط وإذا كان سطح هذا النجم يمتلك نفس حرارة سطح الشمس فانه سيشع قدراً من الضوء مساوياً للذي تستقبله الأرض من الشمس فعلياً . ولن نكون قادرين على رؤية مثل هذا النجم في الحالة التي تسبق التهافت ما لم يكن قريباً منا . كأقرب النجوم المعروفة . وفي الحقيقة لم يتمكن الإنسان من رؤية نجم كهذا حتى الآن وستكون فرصة ذهبية بالنسبة له إذا وقع مثل هذا النجم ضمن الحدود التي يمكن أن يرى منها .

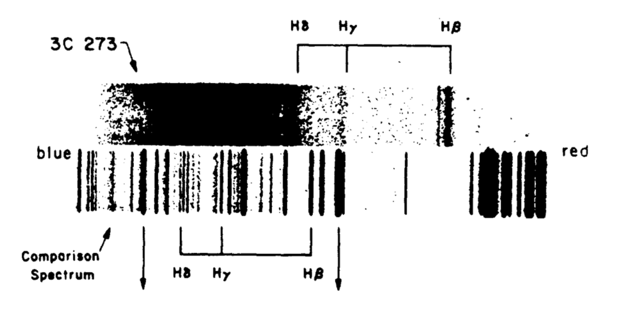
لقد تحققت في الفترة الأخيرة امكانية جديدة تتركز في علم الفلك الراديوي الذي تحدثنا عنه في الفصل الأول . فقد تم التعرف في عام ١٩٦٠ على المصدر الراديوي 3 C48 أي المصدر الثامن والأربعون في المجلد الثالث للمصادر الراديوية لجامعة كامبريدج وذلك بمقارنة موقعة حسب الاصدار الراديوي مع صور المسح الفوتوغرافي للسماء المأخوذة من مرصد جبل بالومار (Mount Palomar) حيث وجد جسم شبيه

بالنجم ذو خواص غير عادية في نفس الموقع تماماً . كان الإشعاع الصادر من الجسم الشبيه بالنجم هذا . ذا مركبة فوق بنفسجية قوية وكان هذا الجسم محاطاً بقدر ضئيل من المادة السديمية أما طيفه فيملك خطوطاً حادة تستعصي على التفسير وفي عام ١٩٦٣ تبين لمارتن شميدت Marten Schmidt ، الذي كان يدرس جسماً غير عادي آخر هو 3C273 أن الخطوط الحادة في الطيف هي في الحقيقة نفس الخطوط التي تظهر من جسم غازي ذي مصدر مركزي للطاقة . إن هذه الخطوط كانت منزاحة إلى حد كبير نحو النهاية الحمراء للطيف وفي الحقيقة إذا فسر هذا الانحراف وفقاً لظاهرة دوبلر فسيمتلك الجسم حينئذ سرعة تراجع مقدارها ١٤ بالمائة من سرعة الضوء .



يساوي لمعان الكوازارات – quasars -- نعدد الاف النجوم . في حين أن حجمها لا يتجاوز ١٠٠٠/١ من حجم . النجوم . يظن بأن الكوازارات –qua sars– هي أجسام شديدة البعد عنا وتتراجع بسرع هائلة ويعد 3C48 إلى اليسار وكذلك 3c273 إلى اليمين من أقدم الكوازارات – quasars – المعروفة

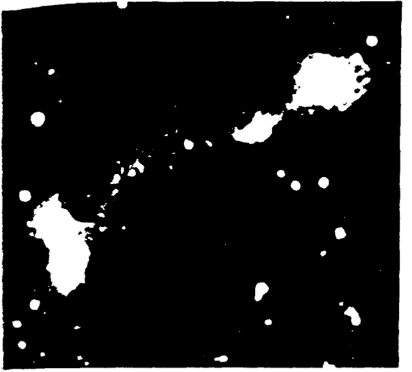
تجعل هذه النتيجة ، التي تتنبأ بامكانية تحرك الجسم بمثل هذه السرعة الخيالية. المرء يعتقد أنه ربما كان بالإمكان تعليل ظاهرة الانزياح نحو الأحمر تعليلاً آخر . حيث أن هنالك على الدوام طريقة أخرى للتعليل تستحق الدراسة . فقد أشرنا فيما سبق إلى الطريقة التي يسهم بها تغير الطاقة الكامنة لجسيم ما في تغيير الكتلة وذلك وفقاً لعلاقة آينشتاين للطاقة والكتلة قد = ك ض٢ . فاذا افترضنا أن هذا التغير يشير أيضاً إلى الفوتونات . وهي الجسيمات التي تتألف منها الأشعة الضوئية فان الانزياح نحو الأحمر يمكن أن يعلل بوجود حقل ثقالي شديد . تنطوي هذه المناقشة على شيء من المخاطرة لأنها أولاً تخلط ما بين الفكرة النيوتنية عن الطاقة الكامنة ورأي النظرية النسبية حول تكافؤ الطاقة والكتلة ، وثانيا وبشكل أكثر جدية أنها تطبق هذا المزيج من الآراء على الفوتون وهو الجسيم الذي تساوي كتلته المستقرة الصفر . لقد تغلبت النظرية النسبية العامة على جميع هذه الاعتراضات . وعندما يفترض المرء أن الفوتونات لها كتلة مستقرة تساوي الصفر فهو يستطيع تعيين حركتها في حقول الثقالة المختلفة ، ويمكن التنبؤ بأن الانزياح نحو الأحمر هو بسبب تغير الحقل الثقالي من حقل ذي شدة معينة إلى حقل ذي شدة أدنى . وفي الحالة الخاصة لـ 3C273 استطاع شميدت أن يبرهن أن من المستحيل الحصول على مثل هذه الخطوط الطيفية الحادة ، التي يعطيها هذا المنبع . وكذلك الحصول على هذا الانزياح نحو الأحمر بدون تأثير التراجع . أي من المصادر الجاذبة وبالإضافة إلى ذلك تمكن غرينشتاين وماثيو -Jesse Greenstein and MatheW- باستخدام الدليل التجريبي من ايجاد تعليل صحيح للخطوط الطيفية للمصدر 3C48 حيث اكتشفا أن ذلك يوافق سرعة



بالمقارنة مع خطوط طيف الهيدروجين في المختبر حيث باعدنا بين هذه الخطوط لايضاح الرؤيه يتضح مقدار الا نزياح نحو الأحمر الخاص بـ 3C273 ويشير الانحراف المساوي لـ١٦ بالمائة إلى مسافة قدرها ١,٠٠٠ إلى ٢,٠٠٠ مليون سنة ضوئية

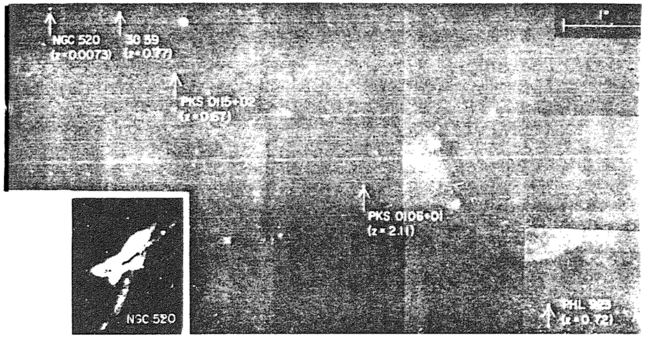
تراجع مقدارها ٣٠٪ من سرعة الضوء . أمـــا المصدر 3C273 فلم يستطيع أحد تفهم كنهه على الرغم من تصويره في أكثر من ثلاثة آلاف مناسبة . ويعني الانزياح الكبير للكتل نحو الأحمر . استناداً للتعريفات الجديدة للمسافة (المذكورة في فصل سابق) . بأنها واقعة على مسافة بعيدة وإذا كانت هذه الكتل فعلاً واقعة على مسافات بعيدة فان الطاقة الصادرة عنها . على شكل ضوء أو حتى على شكل طاقة راديوية لا بد أن تكون طاقة هائلة ويرى هويل — Hoyle - أن الطاقات تنتج بآلية غير معروفة لدينا حيث تستخدم طاقة الجذب المحررة بوساطة التقلص الثقالي . توالت الاكتشافات بعد ذلك على نحو سريع حيث اكتشف عام ١٩٦٥ جسم ذو انزياح نحو الأحمر يوافق انخفاضاً في مقدار تواتر كل خط طيفي إلى النصف . وقد رد ذلك إلى المسافة الشاسعة . إن كثيراً من الأجسام التي تمتلك انزياحات كهذه أصبحت

معروفة اليوم وتختلف في شدتها بمرور الزمن سواء بالاصدار الراديوي أو الضوئي حيث تبدو أشد لمعاناً في أوقات معينة منها في أوقات أخرى وقد تبين في عام ١٩٦٥ أيضاً أن هنالك تجمعاً كبيراً منها أطلق عليه اسم كوازار « Quasars » (للدلالة على المصادر الراديوية شبه النجمية) . بعض هذه النجوم ذات اصدار راديوي وبعضها ذات اصدار ضوئي . وقد برهن في السنوات الأخيرة الماضية أن المصادر الراديوية تمتلك أقطاراً صغيرة إلى درجة كبيرة . ويغلب الظن اليوم أن الخطوط الطيفية التي سبقت ملاحظتها تخص الغاز الحار المحيط بالمصادر . هذا الغاز قد يكون أكثر تمدداً من المصدر الفعلي ونستطيع القول إن هذا الغاز عبارة عن مركب كيميائي عادي يشبه غازات الشمس أو غازات النجوم الأخرى في مجرتنا .



افترض تيريل Terrell أن الكوازارات – quasars – أجسام انتشرت من مركز مجرتنا بسرعة عالية وحصلت على ألوانها بسبب ظاهرة مشابهة في مكان اخر وتظهر دراسة المجرة الثلاثية IC3481 بأن انفجارات قد تحدث في مراكز المجرات بحيث تنفصل أجزاء كبيرة منها بسرع عالية لا تقل من الاف الأميال في الثانية

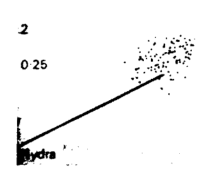
لقد أعطى اقتراح هويل ووليم فولر بأن التهافت الثقالي قد يكون مسؤولاً عن طاقة المصادر دافعاً قوياً لعمل النظريين في النسبية العامة ، وقد جعلت الطبيعة المتغيرة للكوزارات Quasars مزيداً من الناس يشرعون بالتساؤل عن طبيعة الانزياح نحو الأحمر . إن هنالك سؤالين يمكن أن يطرحا أولاً : هل السرعة هي التفسير الوحيد للانزياح نحو الأحمر ؟ ثانياً ، اذا كان الأمر كذلك فهل سبب هذه السرعة هو توسع الكون مما يعطي مسافة شاسعة ؟ أو أن سببها ، كما اقترح تيريل – J Terrell – أجسام تناثرت من القسم المركزي لمجرتنا بسرعة كبيرة جداً . إن مسألة تغير مقدار الضوء أو تغير مقدار الإشارات الراديوية ، هي مسألة شائكة . إن أجساماً كهذه ، كما يشعر المرء بدهياً ، والتي يجاوز سطوعها سطوع مئات السدم التي نعرفها اليوم لا يمكن أن تكون صغيرة بحيث يتغير قدر الإشعاع القادم منها بصورة ملحوظة وعبر فترة سنوات أم أشهر ، وبعبارة أخرى فان من الصعوبة بمكان تكوين نموذج ثابت حول ما إذا كان الكوازار – Quasar – يقع على مسافة كونية ، وإذا لم يقع على مسافة كونية فلا يمكن حينئذ شرح الانزياح نحو الأحمر ببساطة على أنه نتيجة لتوسع الكون وسيكون هذا الانزياح مرتبطاً بالجسم . نحن أمام احتمالين فاما أن نعود لرأي تيريل – Terell – بأن هنالك سرعات عالية عالية أو أن نقبل بأن هنالك نوعاً آخر من الانزياح نحو الأحمر مردة الثقالة . أما مشكلة اقتراح تيريل بأنه لا بد من وجود بعض الانزياحات نحو الأزرق ، بما يوافق حركة نحونا كما هو الحال بالنسبة للانزياحات نحو الأحمر . فان مثل هذه الانزياحات لم تلحظ .

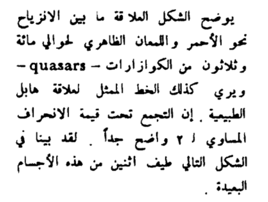


بحث ارب « H.C.ARP» عن علاقة تربط ما بين توضع اشباه النجوم ذات الاصدار الشديد ، أي الكوازارات – quasars – والسدم يظهر الشكل الرئيسي أربعة من تلك النجوم وقد توضعت على خط مستقيم بجانب المجرة NGC520 (الموجودة بقدر من التفصيل على يسار الشكل) وإذا لم تمكن الصدفة سبباً في هذا التوضع فمن المحتمل أن سببه انتشار هذه النجوم من وسط المجرة

إن الوضع الذي يعتبر وجود انحرافات نحو الأحمر بسبب الثقالة أفضل قايلاً. إن نقاش غرينشتاين وشميدت -Grenstein; Schm'dt- الأصلي والذي فحواه بأنه يستحيل على الثقالة أن تشرح الانزياح نحو الأحمر قد افترض بأن خط الطيف الملحوظ يأتي من قشرة رقيقة من الغاز تحيط . بجسم ذي كتلة كبيرة . أما هويل وفلور (hoyle and Flower) فقد أظهرا عام ١٩٦٧ امكانية التغلب على هذه العقبة إذا كان الغاز الذي يعطي الخط الطيفي مركزاً في مركز الجسم وغير منتشر حوله وسيكون حينئذ في منطقة ذات طاقة ثقالية كامنة منخفضة ويمكن حينئذ للانزياح المطلوب نحو

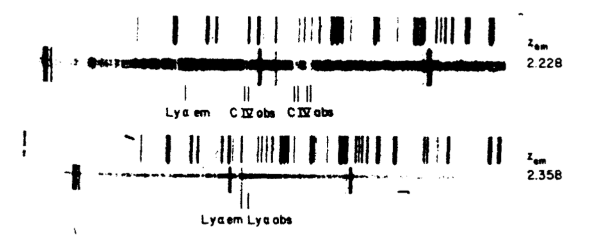
الأحمر أن ينتج ولا يجب على الجسم مع ذلك أن يكون عاتماً بالنسبة للإشعاع ويمكن أن يكون مؤلفاً من عدد من النجوم المتراصة كبير ، وربما كانت هذه النجوم المتراصة عبارة عن نجوم نترونية وفي الحقيقة لم ينشأ حتى الآن نموذج مقنع يشرح الانزياح نحو الأحمر بتأثير الجاذبية




يوضح الشكل العلاقة ما بين الانزياح نحو الأحمر واللمعان الظاهري لحوالي مائة وثلاثون من الكوازارات – quasars – ويري كذلك الخط الممثل لعلاقة هابل الطبيعية . إن التجمع تحت قيمة الانحراف المساوي ل ٢ واضح جداً . لقد بينا في الشكل التالي طيف اثنين من هذه الأجسام البعيدة .

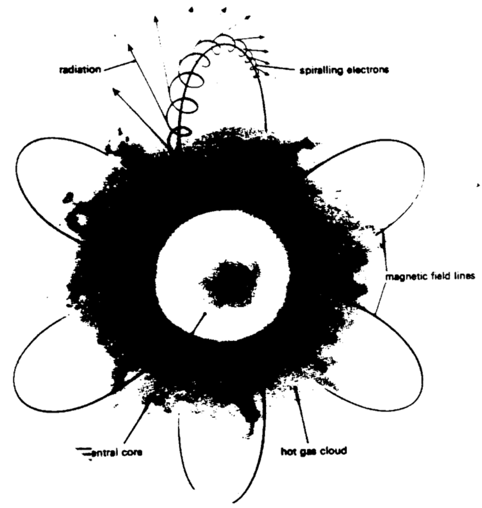
إن العديد من الملاحظات التي تتناول علم الفلك برزت إلى الضوء في هذه الأثناء وكمثال على ذلك ما طرحه آرب (HARP) في مناقشات متعددة لدعم فكرة ان الكوازارات – quasars – لا تقع على مسافة كونيه بل تتواجد جميعها في المجرة . لقد بحث آرب عن علاقات تربط استقامات هذه الأجسام مع سدم متنوعة ومتميزة . حيث أن من المعروف أن هذه السدم لا تقع على مسافة شاسعة . لقد أهملت الدراسة التي قام بها آرب فترة من الزمن بسبب صعوبة متابعة الجدل الاحصائي الذي قام به وهنالك بعض الأمثلة التي تظهر فيها الاستقامة بشكل ملحوظ كالاستقامة فيما بين أربعة من الكوازارات – quasars – والمجرة غير العادية NGC 250 . توحي هذه الأمثله بشدة بأن هنالك علاقة ما بين الأجسام التي تقع خارج المجرة والأجسام التي لها انزياحات

مختلفة نحو الأحمر ويعني ذلك بدوره ، بالرغم من الصعوبات النظرية ، فكرة مقنعة وهي أن الكوازارات « quasars » قد تبعثرت من مراكز السدم . ويظهر قدر معين من الجدل الاحصائي والذي يبدو أنه جمّع بأن انزياح الطيف نحو الأحمر يتوقف كلياً عند قيمة أكبر من ، بحيث تتجمع معاً . ومهما يكن من أمر فان الدعم الاحصائي لهذه الملاحظة ضعيف ويعتقد بعض الناس أن الانزياح نحو الأحمر يمكن أن يأخذ أية قيمة (وعلى الأقل أية قيمة دون القيمة ٢) أما إذا كانت هنالك أية ذرى في توزع الانزياحات (ذات القيم المختلفة) نحو الأحمر فإن ذلك يعني بالضرورة أن نظرية الحالة الثابتة مستحيلة تماماً ما لم يتفسر الانزياح نحو الأحمر وفقاً لتركيب المجرات أكثر من تفسيره وفقاً لموقعها وحركتها وذلك لأنه إذا كان هنالك انتظام معين في السرعة التي تسير بها المجرات فلا بد من وجود حادثة غير عادية في وقت ما أدت لهذا الانتظام .



إن انزياحاً نحو الأحمر مساوياً لـ ٢ يكافىء سرعة مقدارها ٨٠٪ من سرعة الضوء . يمثل الطيف العلوي طيفاً مخبرياً لضوء مزيج من الآرغون والهيليوم أما الخطوط السوداء التي تقطع مجمل الطيف فهي خطوط زئبق ناتجة عن أضواء المدينة . إن هذا الشكل يعتبر مثالا لتأثير التقنية على العلم النظري

إن غياب الانزياحات نحو الأحمر التي تتعدى قيمتها ٢ يمكن اعتباره ناشئاً عن التوسع أو عن نظرية الحالة الثابتة ومهما تكن وجهة النظر التي سنتبناها حول هذه الملاحظات فمن الواضح أنه في مرحلة ما من تاريخ السديم أو النجم الكبير انطلق قدر كبير من الطاقة. إن هذه الطاقة كبيرة جداً بحيث لا يمكن أن تحدث بتأثير التفاعلات الحرارية النووية وحدها. هذه الطاقة تعطي قدراً كبيراً من الضوء والأشعة تحت الحمراء والموجات الراديوية. ولتحقيق طاقة كهذه يجب أن يتخيل المرء كتلة كبيرة جداً موجودة في حجم صغير جداً. وتشير وجهة النظر العادية حيال ذلك وكما ذكرنا إلى أن الطاقة المحررة هي طاقة ثقالية. ولكن وجهة النظر هذه لا تحدد الآلية التي يتم بها ذلك وقد اقترحت آراء متعددة لتحديد هذه الآلية كالاصطدام فيما بين النجوم أو التهافت الكارثي الجاذب لنجم وحيد الكتلة، ولم يلق أي من هذه الآراء الاستحسان لأن مسألة هامة ظلت غير منحلة. إن من الضروري دوماً اعتبار وجود كتلة كبيرة جداً ضمن حجم غير كبير أي وبصورة تقريبية تركز هذه الكتلة في منتصف الكوازار. إن الكثافات التي ترى عادة في مركز السدم أصغر بكثير من الكثافات في الكوازار وفي الحقيقة فليس من الواضح أبداً الحد الذي يمكن بموجبه لجسم أن يصبح شديد الكثافة بعدما كان قليل الكثافة خلال زمن نستطيع معرفته بسبب معرفتنا لمعدل توسع الكون وهو بحدود ١٠,٠٠٠ مليون سنة، ويعتبر ذلك حجة قوية ضد نظرية التوسع. أما بالنسبة لنظرية الحالة الثابتة فيمكن القول بأن المناطق التي تمتلك فيها الكوازارات – quasars – كتلاً كبيرة ليست سوى مناطق تشكل ويمكن في نظرية الكون المتوسع اعتباراً من حالة ابتدائية أن يتصور المرء كوناً متوسعاً في بعض الأحيان ومتقلصاً في أحيان أخرى عندئذ تغلو هذه المناطق متخلفة في طور تقلصها عما سبقها.

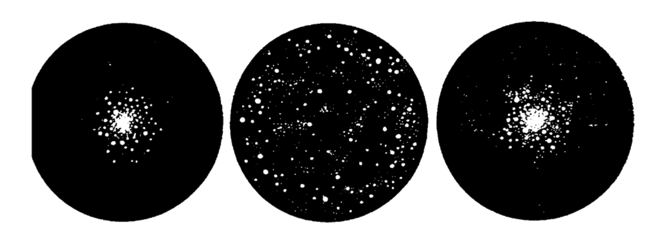


لا تزال آلية انتاج الإشعاع في الكوازارات - quasars - أمراً غامضاً وربما كان
هنالك مركز صغير نسبياً تصدر البلازما الموجودة فيه تياراً من الالكترونات
التي تدور حلزونياً في حقل مغناطيسي . وتنتج مثل هذه الآلية اشعاعاً
ولكن بسبب صغر الحجم وكبر الطاقة ستفقد هذه الالكترونات
طاقتها بطريقة ما

مصادر الإشعاع :

لقد كان الوضع ، كما يمكن أن يرى ، على قدر كبير من عدم الانتظام . وعلى الرغم من جميع المشاكل القائمة ما زال الكثير من الفلكيين يعتقدون أن التفسير القاضي بوقوع الكوازارات على أبعاد كونية هو من أكثر التفاسير اقناعاً . وإذا تبنى المرء هذا الرأي فسيجد . وبسبب العلاقة بين مقدار اللمعان الظاهر والانزياح نحو الأحمر ، أن الكون كون متطور فعلاً ومن نـــوع لوميتر -- Lemaître -- .

ويبقى هنالك عدد معين من النظريين الذين يأخذون بجدية بالغة الإمكانية الأخرى ، أي أن الكوازارت ليست على بعد كوني منا ، وإنما هي قريبة جداً من مجرتنا . إن ذلك يعني أن الانزياح الكبير نحو الأحمر للضوء القادم منها هو خاصة من خواصها تستحق الدراسة وليس لذلك صلة بالاختيار ما بين النظريات الكونية المتنافسة . إن الانزياح نحو الأحمر إذاً ذو أهمية كبيرة لاختبار نظريات الثقالة حيث أن حوادث الانفجار تحدث دائماً في المناطق التي تلعب فيها الحقول الثقالية القوية دوراً هاماً .



تفترض نظرية الكون النائس وجود كرة نارية ابتدائية . هذه الكرة تبدأ بالتوسع ويستمر توسعها لفترة تقارب ٤٥,٠٠٠ مليون سنة إلى حجم أعظمي ثم لا تلبث أن تتقلص إلى كرة نارية مرة ثانية وهكذا

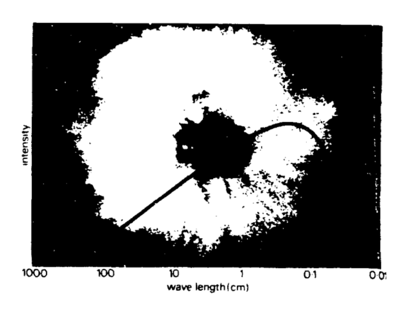
لقد وفرت فترة الستينات دليلاً تجريبياً قوياً آخر لعلم الكون بحيث أصبح توازن الأمر في غير صالح نظرية الحالة الثابتة وبغض النظر عن الملاحظات التي تدل على تراجع الكون مما يعارض نموذج الحالة الثابتة فان هنالك برهاناً مباشراً ألا وهو الحرارة المتخلفة من انفجار

« الخلق » . إن اشعاع الإنفجار وبسبب التوسع برد إلى ثلاث درجات كلفن .

وكحقيقة تاريخية ابتدأ الناس بالنظر إلى الإشعاع ذي درجة الحرارة ٣ كلفن على أساس كون متطور باستمرار اقترحه ديكي — Dicke — الذي تصور أن الكون المتوسع سيتقلص متهافتاً إلى شكل كرة متقدة من الهيدروجين . هذه المادة هائلة الكثافة سوف تنفجر من جديد وستعاد الكرة باستمرار وهكذا وكما ذكرنا فان الدرجة ٣ كلفن تعني الإشعاع المتخلف من الانفجار الابتدائي ، وهو ما كشف عنه الفلكيون مؤخراً . لنتحدث الآن عن الطريقة التي اكتشف بها هـذا الإشعاع . في أوائل الستينات كـان كل مـن العالمين بنزياس وويلسون — A.A. Penzais and R.W Wilson — من مختبرات هاتف بيل (bell Telephon laboratory) يحاولان البحث عن ضجيج موجة قصيرة ذات طول موجة مقداره ٧ سم اعتقدا أنه قادم من الغلاف الجوي للأرض . كان الجهاز الذي استخدماه عبارة عن هوائي يمكن توجيهه بمختلف الاتجاهات وقد وجدا أن مقدار الضجيج يختلف حسب الاتجاه وكان ذلك متوقعاً بسبب اختلاف الغلاف الجوي ، ومن المدهش حقاً أنه عندما رسمت هذه النتائج بعدما أزيل تأثير الغلاف الجوي اتضح بأن هنالك قدراً صغيراً من الإشعاع المتخلف .

إذا تذكر القارء بالكون وفقاً لمعايير ترموديناميكية فربما يطرح السؤال التالي : ما نوع الإشعاع الذي يتولد عن درجة حرارته ؟ حتى نعطي هذا السؤال معنى أكثر فهماً فان علينا أن نذكر بعض الحقائق حول الإشعاع . إن أي شخص قد لاحظ فعلاً كيف أن قضيباً معدنياً موضوعاً في النار

سوف يصدر وهجاً أحمر وكلما كانت درجة حرارة النار أكبر اختلف اللون ليصبح أقل احمراراً وهكذا حتى يصبح أبيض في النهاية . ويمكن شرح الإشعاع في حالة الضوء هذه وفقاً لنظرية ماكسويل في الكهرطيسية شرحاً وافياً ولكن هذه النظرية لاتذكر شيئاً عن الحرارة وهي غير قادرة على شرح كيفية تغير لون القضيب مع الحرارة . إن من المناسب حقاً أن نستخدم بدلاً من القضيب المعدني صندوقاً مغلقاً ثقب من أحد السطوح بحيث يمكن للمرء أن يرى ما في الداخل ، وسيتكلم المرء في هذه الحالة عن اشعاع التجويف أو عن اشعاع الجسم الأسود . إذا سخنا الصندوق إلى درجة حرارة معينة من الخارج بوساطة موقد بنسن ونظرنا من خلال الثقب فسنرى اشعاعاً ذا طيف معين ونعني بذلك أنه ستصدر شدة معينة للون الأحمر وشدة معينة للون الأزرق والبنفسجي وهكذا يمكن أن تُحدد طاقة الألوان المختلفة في الضوء حسب الحرارة .



إذا كان الإشعاع الخلفي بقايا انفجار ابتدائي فانه يجب أن يكون قريباً جداً من هذا المنحني

نستطيع في الحقيقة أن نقلل من صعوبة هذه المسألة إلى درجة معقولة وذلك أولاً برسم المنحني الذي يعطي شدة الضوء بدلالة اللون حيث يقاس اللون بدلالة التواتر وعندما يرسم المرء هذا المنحني من أجل درجة حرارة معينة يستطيع استنتاج المنحني الموافق للدرجات حرارة أخرى ولقد برهن ويلهلم فين - Wilhelm Wien - على ذلك منذ عام ١٨٩٣ بواسطة المناقشات الترموديناميـة - Thermodynamie - التي أجراها . ولكنه لم يستطع التنبؤ بتوزع الطاقة حسب درجة الحرارة من أجل أية درجة حرارة خاصة . أما طريقة استنتاج التوزع عند درجات حرارة أخرى فلم يمكن لها أن تبتدىء . لقد استخدم كل من لورد رايلي (Lord rayleigh) وفين (Wien) نفسه مناقشات أخرى بخصوص هذه المسألة أعطت أجوبة محددة ولكنها خاطئة . وفي عام ١٨٩٩ قـام ماكس بلانك (Max Planck) بـاجراء تعديل طفيف على هذه الأجوبة فكان قادراً على ايجاد القيمة الصحيحة لتوزع الطاقة على التواترات المختلفة من أجل حرارة معينة .

وبعبارة مبسطة ، ما هي درجة حرارة الكون السائدة ؟ بما أن الكون يبدو عديم الرابطة بما هو ، بمعنى ما ، خارجي عنه ، فان الجواب الطبيعي عن مثل هذا السؤال هو أن درجة حرارة الكون قريبة من الصفر المطلق وسطياً .

لقد قـدر جورج غامـوف (George Gamow) وزملاؤه بالأرقام وجود اشعاع جسم أسود . ناجم عن درجة حرارة مطلقة تبلغ بضع درجات ، وذلك منذ أربعة عشر عاماً . ولكن دراستهم بخصوص ذلك قد أهملت . يبدو أكيداً حسب نظرية الكون المتطور

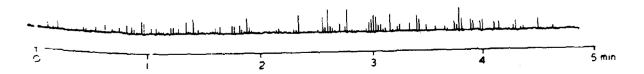
التي ذكرناها أن توزع الإشعاع في الكون لا يختلف عن توزع الاشعاع الصادر عن الجسم الأسود إلا بمقدار ضئيل ربما لا يجاوز جزءاً في المليون ، نلاحظ أن النقاط المختلفة من منحني شدة الإشعاع كانت جميعها على اتفاق تام مع النقاط المختلفة من منحني اشعاع الجسم الأسود وذلك من أجل درجة حرارة مقدارها ٢,٧ كفن كما يمكن أن نتوقع اعتماداً على فرضيات الكون المتطور وفي الحقيقة فقد اكتشفت حديثاً نقاط أخرى من المنحني وقد وجد أن بعضاً منها ينحرف عن منحني الجسم الأسود بصورة ملحوظة .

ومهما يكن ، فيمكن شرح هذا الاشعاع وفقاً لعملية خلق مستمر في نظرية الحالة الثابتة وإذا لم يكن الإشعاع ، حقيقة ، اشعاع جسم أسود فسيصبح الشرح واضحاً ، يحمل مثل هذا الشرح إذا ما حصلنا عليه امتداداً قيماً للنظرية لكونه يظهر طبيعة عملية الخلق ، ولكن الأرصاد الحديثة جداً تظهر ، وبدرجة عالية من الدقة ، أن هذا الإشعاع ذو قيمة ثابتة في مختلف الاتجاهات وهذا بالطبع ما يمكن أن نتوقعه فيما إذا كان هذا الإشعاع من بقايا الانفجار الكوني الكبير ، أما إذا كان خلفية في عملية خلق فان عدد المراكز التي يحدث فيها الخلق يجاوز عدد السدم بكثير وفي حين أن ذلك غير مستحيل فان من الصعب تصديقه ، وهذا يعني أن الضغط في الانفجار الكوني الكبير والذي يشكل الإشعاع بقاياه هو الاحتمال الأكبر .

النجوم النابضة : « Pulsars »

مهما تكن النتيجة النهائية التي يمكن استخلاصها من الكوازارات وبنيتها فقد أدى اكتشافها في الستينات إلى اكتشاف نوع آخر من

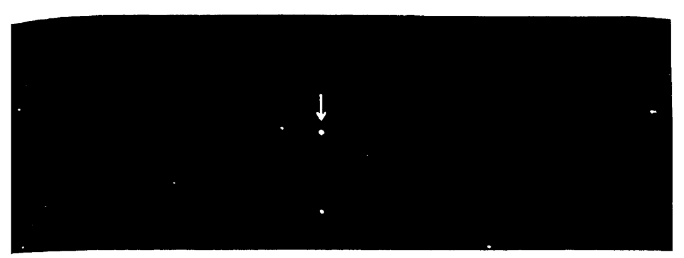
الأجسام ذات الأهمية الكبيرة في الفيزياء الفلكية. تنبع أهمية الكوازرات من كونها ذات حجم صغير جداً . وقد عامنا ذلك بطرق عدة منها أن الإشعاع الصادر عن تلك النجوم يمر عبر سحابات الهيدروجين المنبعثة من الشمس مما يسبب تفاوتاً في الأمواج الراديوية ويماثل ذلك الطريقة التي يسبب بها الغلاف الجوي للأرض الضوء القادم من النجوم أن يومض . إن السدم العادية لا تومض بسبب كبر حجمها بخلاف الكوازارات . وهكذا فان احدى طرق الاكتشاف التقليدية لها تتم عن طريق البحث عن مصادر راديوية ذات تفاوت سريع .



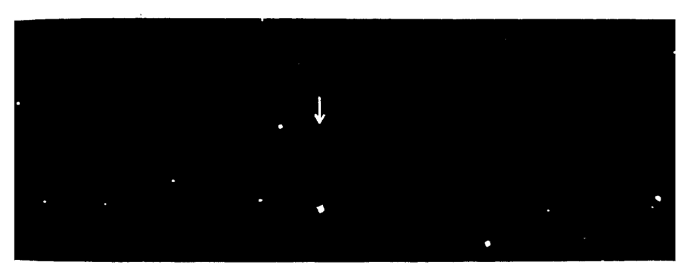
تتميز النجوم النابضة باصدار نبضات حادة من الطاقة الراديوية (الإشعاعية) تحدث خلال فترات منتظمة مدة كل منها ثانية أو أقل

في عام ١٩٦٨ ومن خلال تحرٍ من نفس النوع كان يجري في كامبريدج برئاســة أنطوني هيويش — Antony heuish — تم اكتشاف مصدر راديوي غير عادي . هذا المصدر تم اكتشافه من قبل الآنسة بيل — Miss. s j . Bell — ومن خلال تحليل مخططات التفاوت ظنت الآنسة بيل في البدء أن الإشارات المدروسة مصدرها تشويش مرسل سيارة شرطة ، ولكن الإشارات كانت تتكرر حوالي مرة واحدة كل أسبوع ثم تختفي لفترة شهر كامل ثم تعيد الكرة بشكل غير متوقع كالسابق . لقد كانت الإشارات عبارة عن ومضات حادة من الإصدار الراديوي تمتد لفترة لا تجاوز واحداً على مائه من الثانية

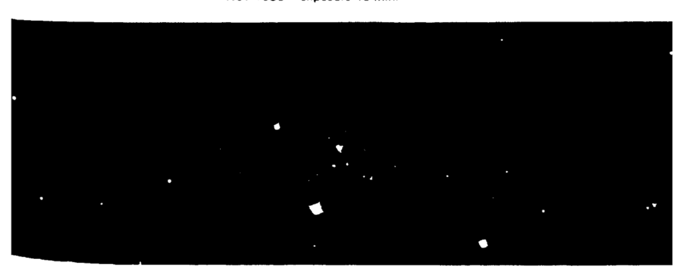
وتحدث في فترات منتظمة تبلغ دقتها أجزاء الثانية ويدل ذلك على اصدار جسم صغير جداً . وبالطبع إذا كان الجسم المصدر له نفس حجم الشمس مثلاً وتوقف اصداره فجأة فان الأزمان المستغرقة لوصول الضوء من أجزائه المختلفة إلى ناظر ما ستختلف . وفي الحقيقة يستطيع المرء القول إن هذه الأجسام المرسلة والتي تسمى النجوم النابضة يجب ألا يجاوز حجمها حجم الشمس ويجب بالإضافة إلى ذلك أن تقع حتماً خارج النظام الشمسي وغير مرئية بصرياً . لقد تم اكتشاف الكثير من النجوم النابضة فوجد أن لها جميعاً خصائص متشابهة إلى حد كبير . ولا يتوقع أن تكون كواكب لنجوم غير الشمس لأن حركتها المدارية لا تظهر انحراف دوبلـــر – Doppbr shift – ويستطيـــع المرء أن يستنتج من ذلك أنها ليست اشارات اصطناعية . وهي امكانية لم تكن مستبعدة عندما ظهرت هذه النجوم . لنتصور كم عدد النجوم في الكون التي حجمها من حجم الشمس ، وكم منها يمكن أن يمتلك كواكب على مسافة يمكن مقارنتها بمسافة الأرض وهكذا يمكن أن تحوي حياة مشابهة لحياتنا ، يتضح أن العدد كبير بحيث تصبح فرصة وجود حياة في الكون جيدة جداً بالفعل . إن حياة كهذه تشبه حياتنا قد تكون متخلفة عنا كثيراً أو متقدمة . إن بعض الكواكب وربما نصفها حيث نشأت الحياة يحتمل أن تحوي كائنات اكتشفت اشارات الاشعاعات الكهرطيسية فأخذت ترسل عن عمد الإشارات محاولة معرفة ما إذا كان هنالك من يشاطرها الحياة في هذا الكون . إن اشارات كهذه ربما تكون أيضاً اصدارات مصدرها الكواكب نفسها .



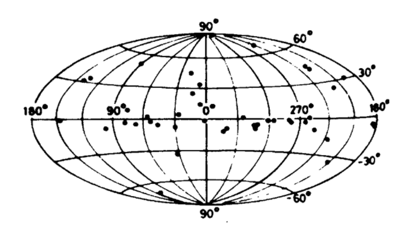
Aug 1937 – exposure 20 min.



Nov 1938 – exposure 45 min.

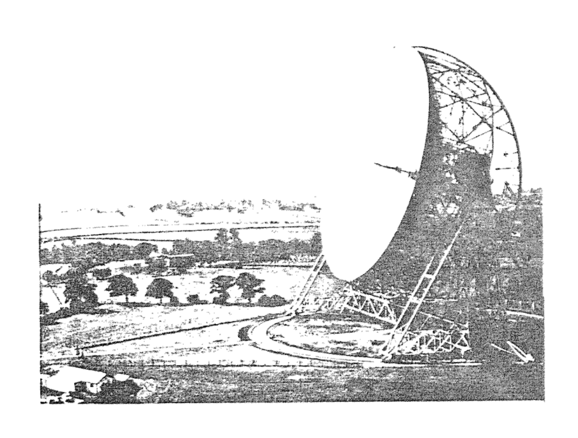


Jan 1942 – exposure 85 min.



الشكل الأيمن : يظهر توزع النجوم النابضة بالنسبة لمجرتنا تجمعاً في مستوي المجرة
الشكل الأيسر : تظهر هذه الصورة الملتقطة لاحدى المجرات البعيدة عام ١٩٣٧ مستعراً عملاقاً – Supernova – وبعد سنة من ذلك أصبحت المجرة وبعد تعرض استمره ٤ دقيقة باهته
أما في عام ١٩٤٢ ومن خلال تعرض طويل بدت النجوم المجاور بشكل أكبر ولكن المستعر العملاق – Supernova – اختفى

ومهما يكن ، فاذا لم يتوفر أي دليل عن حركة الكواكب ، يجب حينئذ على الإشارات أن تأتي من شيء ما يشبه النجم الذي ينتج طاقته الخاصة ويصبح من غير المتصور أن يكون أي شكل من أشكال الحياة مسؤولاً عن الاشارات . تتأثر الإشارات الراديوية ، بأطوال موجاتها المختلفة ، بالهيدروجين المتأين فيما بين النجوم . كما أن الاختلاف في أطوال موجات النبضات يعطيها أزمان وصول مختلفة ويمكن انطلاقاً من ذلك معرفة المسافة التي تفصلنا عن النجوم النابضة ويتضح أنها تبعد عنا مسافة من رتبة مائة سنة ضوئية أي أنها واقعة في مجرتنا . يبين اكتشا المزيد من النجوم النابضة باستمرار حقيقها المذهلة التي تتمثل في دقتها الكبيرة في المحافظة على التوقيت وتصل دقتها هذه إلى جزء من ألف مليون جزء خلال أسابيع . لقد أظهر المزيد من التحري أن هنالك انخفاضاً منتظماً في تواتر الإعادة وذلك بالطبع عامل مهم في فهم الطبيعة الفيزيائية للنجوم النابضة .



يمثل الشكل أكبر أجهزة الرصد في العالم وتصل أبعاده إلى ٢٥٠ قدم ويقع في جورديل.
لقد زودنا هذا المرصد بمعظم ما نعرفه من معلومات حول النجوم النابضة في السماء
الشمالية

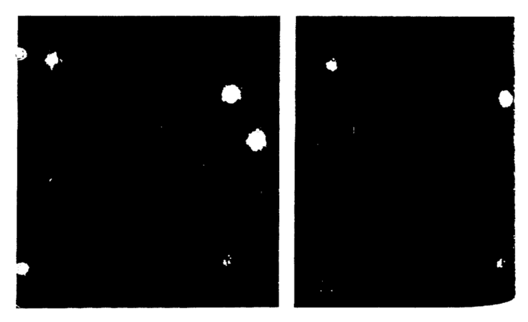
إن من أحد الحقائق الغريبة حول النجوم النابضة أن الفلكيين البصريين لم ينجحوا حتى الآن أبداً بربطها بالمصادر الضوئية كما أن معرفة عدة عشرات من النجوم النابضة وعدم نجاح أي ربط من هذا النوع لا بد أن يكون له مغزى معين لن تتضاءل قيمته إذا اتضحت في المستقبل بعض الروابط ما بين النجوم النابضة والمصادر الضوئية. إن معظم النجوم النابضة التي اكتشفت متوضعة في مستوي المجرة مما يجعلنا نتذكر الوضع القائم عندما اكتشفت المصادر الراديوية الأصلية

حيث ساد جدل كبير حول ما إذا كانت هذه المصادر مرتبطة بالمجرة أم لا وبالتالي ربما كانت هنالك مجموعتان من النجوم النابضة .

هنالك العديد من النظريات التي وضعت حول تشكل النجوم النابضة ومن هذه النظريات ما ذكرناه سابقاً عن النجم في نهاية حياته وربما كان من المفيد في هذا الموضع الخوض بقايل من التفصيل في الأفكار النظرية حول دورة حياة النجم . إن التفاعل النووي الحراري الذي ينتج الإشعاع الآتي من النجوم النابضة ناشيء من تحول الهيدروجين إلى هليوم . ينحسر الهيدروجين بسبب الثقالة بعد ذلك نحو الداخل . ويحافظ نجم دون حجم متوازن كالشمس على حجمه الثابت بفعل التوازن ما بين ضغط الإشعاع نحو الخارج وضغط الثقالة نحو الداخل وعندما يتحول جميع الهدروجين إلى هليوم يشارك الهيليوم بدوره في تفاعل جديد يحوله إلى عناصر أعلى وفي نهاية المطاف تستهلك جميع التفاعلات الذرية الممكنة ونصل إلى بداية النهاية .

في نقطة بداية النهاية هذه هنالك أوضاع محتملة متعددة : فالنجم قد ينتهي بكتلة أدنى من الكتلة الحرجة ، التي يمكن أن تستمر ، وهذه الكتلة أكبر من كتلة الشمس بقايل . ويطلق على النجم في هذه الحالة اسم القزم الأبيض — White dwarf — أما حجمه فيقابل حجم الأرض ويبرد تدريجياً ، أما إذا كانت الكتلة أكبر بقايل من الكتلة الحرجة عندئذ تتهافت نواة النجم كما شرحنا أعلاه وتتحد الالكترونات والبروتونات معاً مشكلة النترونات . ويتبع ذلك انكماش وسط النجم ويطلق قدراً من الطاقة فنصبح أمام الظاهرة التي تعرف بالمستعر العملاق — Supernova — حيث تطرد المادة الخارجية بعيداً تاركة في

المركز نجماً نترونياً . أما إذا كانت الكتلة أكبر من عشرة أضعاف كتلة الشمس فلن يكون هنالك تمثيل معين أبداً . وسيرتص النجم ، كما يبدو ، إلى كثافة لا نهائية . إن هذا ، هو الإنهيار الكارثي النهائي الذي ذكرناه من قبل . ويحدث المستعر العملاق بالفعل ويشاهد مرة كل ثلاثمائة عام تقريباً وقد آن أوان حدوثه في الحقيقة(*)



تتوافق النبضات الضوئية عظيمة الدقة لهذا النجم في سديم السرطان الذي تم تصويره خلال الفترة الواقعة ما بين الصورتين زمانياً ومكانياً مع ما يناظرها في أحد النجوم النابضة المعروفة

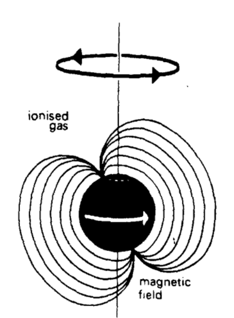
يوحي وجود النجوم النابضة بوجود النجوم النترونية ويبدو من المحتمل جداً أن حالة الإنهيار الكامل موجودة فعلاً . كيف نستطيع بعد ذلك شرح سلوك النجوم النابضة انطلاقاً من النجوم النترونية ؟ ربما يبدو الأمل الوحيد ما يسمى نظرية المنارة - Light house —

(*) لقد شوهد مستعر عملاق في ٢٢ شباط الماضي (١٩٨٧) يصدر فيضاً هائلاً من التترنيوات يبدو غير منسجم مع النظريات الشائعة حتى اليوم .

وفي هذه النظرية يتم شرح النبضات على أنها ناتجة من نقطة مشعة موجودة على سطح النجم . هذا النجم يدور بمجمله بحركة دورانية ذات سرعة زاوية عالية جداً ، وسينقطع بذلك عمود الإشعاعات الواصل ما بين هذه النقطة ومراصد الأرض بفترات زمنية منتظمة وقد يظن المرء بأن الأقزام البيضـــاء -- White dwarfs -- مرشحـــة جيـــدة لهذه النظرية لقد دحضت نظرية المنارة فيما بعد عندما اكتشف العلماء الامريكيون نجماً نابضاً ذا معدل نبض يساوي ثلاثين نبضة بالثانية حيث لا يمكن القزم الأبيض أن يدور بهذه السرعة دون أن ينفلق .

يعتقد أن النجم النابض السريع المتواجد في سديم السرطان الذي ورد ذكره سابقاً هو من بقايا انفجار المستعر العملاق الذي شاهده الصينيون عام ١٠٥٤ ومما تجدر الاشارة اليه أن النجم المركزي في سديم السرطان ينبض بنفس معدل نبض النجم النابض المذكور . لا يمكن أن يطلق النجم النتروني اشعاعاً لأن الإشعاع لا يستطيع التغلب على القوة الجاذبة الكبيرة للنجم إلا إذا كان النجم أسخن بكثير مما هو مقبول وبالتالي لا بد من وجود آلية أخرى ينتج عنها الإشعاع . إن أكثر النظريات شيوعاً ، النظرية التي ترد آلية الإشعاع إلى تأثير مولد . تمتلك النجوم العادية عادة حقولاً مغناطيسية ولما كانت النجوم النترونية منضغطة إلى حد كبير بالمقارنة مع النجوم العادية فمن المحتمل وبسبب سرعة دورانها الكبيرة أن تمتلك حقولاً مغناطيسية شديدة بالفعل ، وفي حين أنه لا توجد حتى الآن آلية واضحة للنجوم النابضة يجب اختيارها فليس لدينا أي شك بأننا سنتعلم الكثير حول تركيب النجوم قريباً . وفضلاً عن ذلك إذا كانت التوقعات التي طرحها هاريسون عام ١٩٧٠ صحيحة فان دراسة النجوم النابضة تصبح ذات قيمة بالغة في التحقق

من صحة نظرية النسبية . يفترض هاريسون — Harrison — أن الإنهيار الكارثي لنجم ما يحتمل أن يحدث وبصورة أكبر مما يحتمل للنجم النتروني وفقاً لما دعاه « الشكل المتحرك بعنف وسرعة للنواة » وهذا وضع يسبب فيه الانهيار الكارثي وبطريقة ما ارتداداً . ويمنع بذلك ضغط الإشعاع الحاصل في المركز انهيار بقية النجم .



هنالك العديد من النظريات حول الية عمل النجوم النابضة فتقترح احدى النظريات أن البلازما « الغاز المتأين » اندفعت على امتداد خطوط الحقل المغناطيسي مصدرة موجات اشعاعية بزوايا قائمة .

إن دوران النجم يسبب ما يعرف بنظرية المنارة . ونحن نستقبل الضوء فقط عندما يكون الشعاع متجهاً إلينا فقط .

دليل غير قاطع :

نتوقع من الدراسة المستمرة والمركزة للكوازارات والنجوم النابضة أن توصلنا إلى المزيد من المعلومات حول طبيعة الأجسام الموجودة في الكون وحول توزعها . ويحتمل لأية معلومات من هذا النوع أن تكون كبيرة الفائدة في اختيار احدى النظريات المتنافسة وعلى الرغم من أنه ليس بوسعنا أن نقول أي شيء في هذه اللحظة فإن الرأي يرجح بصورة كبيرة ضد نظرية الحالة الثابتة .

ويجب أن نذكر أن هويل – Hoyle – ما زال على الرغم من شكوكه السابقة مهتماً كثيراً بهذه النظرية فتبنى بالاشتراك مع نارليكار – J . U . Narlikar – مرة أخرى جدال محور الزمـــن الـــذي سبقت مناقشته . أما تحريهما فارتبط بايجاد علاقة ما بين علمي الميكانيك والالكتروديناميك الكمومي (quantum electrodynamics) أي (نظريةّ كم الحقل الكهرطيسي) . لقد اعتقدا أن الاختيار ما بين النظريات الكونية المتنافسة يمكن أن يتم بوساطة تجارب يجريها فيزيائيو الذرة وأن هنالك علاقة قوية مابين بنية الكون الفسيحة الأرجاء وكهرديناميه الجسيمات . وهكذا فقد أخذ مبدأ ماخ بتطرفه المنطقي . ادعى هويل ونارليكار أن الاخفاق بملاحظة هذه العلاقة في الماضي قاد الالكتروديناميك الكمومي (quantum electrodynamics) إلى حسابات تحـــوي مقادير لا نهائية .. . . صحيح أنه تم ايجاد طرق للتخلص من هذه المقادير مرة ثانية ولكن النتيجة لا يمكن أن تعتبر مرضية إلا بصعوبة . وكان جميع العاملين في هـــذا المجـــال واثقين مـــن تـــنبؤات الالكتروديناميك الكمومي (quantum electrodynamics) . ومن إحدى أسباب هذه الثقة كانت الدقة العاليـــة التي يمكن بهـــا التنبؤ بتجارب معينة وبصورة خاصة انزياح لامب – Lamb Shift – (وهو تغير طفيف في مواضع خطوط طيف الهيدروجين) الذي تم توقعه بدقة تامة كان هويل ونارليكار قادرين على اظهار أن التفسير الآخر لانزياح لامب كان ممكناً بالاعتماد على تجاوب مجمل الكون مع الجسيم ولم يكن في هذا التفسير الآخر مقادير لا نهائية ولكنهما ، وهنا تتضح صلة عملهما ، كانا قادرين على اثبات أن هذا الحساب يمكن أن يتم في نظرية الحالة الثابته فقط وبالتالي فقد اعتبرا أن حسابهما يجعل

نموذج الحالة الثابتة ممكناً إلى حد كبير . كما اعتبرا مثل هذا الدليل التجريبي ذا قيمة أكبر ، لأنه أكثر دقة . من قيمة المعطيات الفلكية التي تلائم نظريات التمدد .

ومن ناحية أخرى كان هنالك تحامل غير منطقي في صالح الملاحظات الفلكية المباشرة وضد الجدل النظري كجدل هويل ونارليكار . لقد تجاهل مثل هذا التحامل حقيقة أن نتائج جميع التجارب المجراة تعتبر جزءاً من النظرية ، ومن الواضح وبهدف اتخاذ قرار نهائي أنه لا بد لنا من إجراء أرصاد جديدة يفترض أن تكون مختلفة في نوعها عن الأرصاد التي أجريناها سابقاً . سنحاول في الفصل القادم أن نتناول الاتجاهات الممكنة التي ستأتي منها هذه الأرصاد .

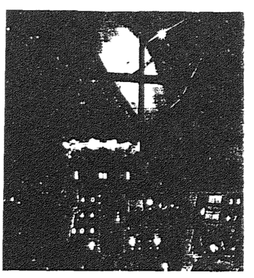
• • •

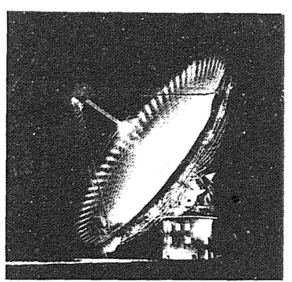
العقد القادم

لقد قطعنا حتى الآن شوطاً طويلاً اعتباراً من نقطة البداية فحاولنا ، باستخدام الصورة النظرية للزمان والمكان ، تعليل الحقائق المبهمة للتجربة. ويبقى أمامنا قدر كبير من الأمور غير المعينة حول طبيعة الأشياء وحركتها ومكانها في الفراغ . وكل ما نستطيع أن نقوله الآن بشكل مؤكد إن علم الفلك يتطور بسرعة وستتوفر لدينا ومهما كان الطالع خلال السنوات القليلة القادمة معلومات أوفر مما لدينا في الوقت الحاضر . يشتمل هذا الفصل على مسح للأنواع الجديدة من المعلومات وعلى التأثير المتوقع لها وسيكون شرحنا بالطبع شرحاً جزئياً لأن أي تطور يمكن أن يشرح لم يبلغ بعد مرحلة النضوج . وفي الحقيقة هنالك مجالات متعددة تتطلب دراسة وافيه في المستقبل القريب .

سيستمر بالطبع تكاثر المصادر الراديويه حيث أن هنالك شكاً قوياً في الوقت الحالي بأنها تعطي وبصورة وافية أجوبة مختلفة عند تواترات مختلفة . إذا كان الأمر كذلك فانه يشكل أهمية بالغة بالنسبة للادعاءات القائلة بأن المصادر الراديوية أقل عدداً عند المسافات البعيدة . ويوافق ذلك زمناً غابراً قبل تكثف المجرات وإن تأكيد ذلك سيشكل دليلاً قوياً على نظرية التطور. إن الانزياح نحو الأحمر لبعض الكوازارات انزياح كبير جداً يصعب علينا أن نقبل بأنه ناتج عن التراجع فقط

وإن أي دليل جديد على هذا الموضوع سيكون جديراً بالدراسة ، ونحن بحاجة إلى إجراء المزيد من التجارب عن الإشعاع الخلفي ذي الثلاث درجات كلفن حيث يبدو أن بعض الأرصاد الأخيرة ذات توافق أقل مع منحني الجسم الأسود . وإذا عزي الإشعاع الخلفي إلى الإنفجار الكوني الأعظم فسيكون اشعاع جسم أسود وسيكون ذلك صحيحاً بحدود واحد في المليون . وأخيراً فمن ضمن المسائل المطروحة للمستقبل القريب بأن هنالك سبباً معقولاً لوجود عدم انتظام مميز وعلى نطاق واسع في توزع المادة في الكون الفعلي . نستطيع دراسة عدم الانتظام هذا بتحليل تفصيلي للتوزع الزاوي للكوازارات وكذلك بدراسة الإشعاع الخلفي ذي درجة الحرارة ٣ كلفن .





لتعميق فهمنا لهذا الكون لا بد من زيادة عدد الأرصاد وتحسين دقتها . لقد استخدمت لهذا الغرض مقاييس التداخل بهدف تحديد مواضع النجوم عبر اشارات ملتقطة من مراصد نائية البعد عن بعضها كمرصدي « الفونكوني » بكندا وبارك في استراليا اللذان يبعدان عن بعضهما ٧,٥٠٠ ميل

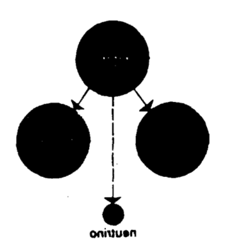
لا نستطيع في الحقيقة أن ندعي معرفة الكثير حول القياسات المحتملة التي يمكن أن تنجز في العامين أو الثلاثة أعوام القادمة أو حتى في فترة العشر سنوات القادمة ولكننا نتوقع في العقد القادم أن نسمع بحدوث تفنن أكبر في انجاز الأرصاد السابقة ، ولا نتوقع أي شيء جديد مميز ، ومهما يكن ربما واجهنا مفاجأة ما . تبدو التجارب الموصوفة في هذا الفصل ذات تطلع متقدم سيغدو أكثر أهمية وقد نكون هنا خائبين جداً .

قبل شرح هذه التجارب من الضروري أن نتحدث قليلاً عن المسألة المتكررة وهي مسألة التمييز ما بين نظرية الكون التطوري ونظرية الكون ذي الحالة الثابتة . إن الكون ذا الحالة الثابتة قد تم فهمه تماماً وقد حان الوقت لمراعاة تفاصيل أكثر في الكون التطوري . لقد شرحنا الكون المتوسع فيما سبق بما فيه الكفاية ولكن معرفتنا المتزايدة بالفيزياء الذرية تضفي على هذا الشرح دقة أكبر . لقد أصبحت نظرية الكون المتوسع نظرية مخبرية أكثر من ذي قبل عندما اخترعها فريدمان ولوميتر — Friedmann and Lemâitre — سيعطي الوصف التالي — الذي يعتمد على التخمين — بدون الإشارة إلى الأسباب الكامنة وراء التقديرات العددية . لقد وضعت أغلب هذه التقديرات بما يشمل المعرفة العميقة بثوابت الفيزياء الذريه .

المقارنة بين النظريات :

ابتدأ الكون المتوسع ، كما هو مقترح . توسعه أصلاً من حالة لا لا يمكن أن توصف إلا بالقول بأنها ذات كثافة لا نهائية . وبعد مرور جزء من مليون من الثانية بلغت هذه الكثافة كثافة من رتبة كثافة نواة الذرة . إن الحرارة خلال هذه المرحلة كبيرة جداً وتقدر بعشرة ملايين مليون درجة . بالطبع وفي مثل هذه الظروف غير العادية يختلف تكوين

المادة عما نألفه اليوم وهنا تكمن الصعوبة التي تصدت لها نظرية الحالة الثابتة حيث لا تعترف هذه النظرية بهذه الظروف غير العادية وإذا لم يتقيد المرء بهذا الطرح المنطقي ووجد من الأفضل التصور أن قوانين الفيزياء التي اشتقت في الظروف العادية سارية أيضاً من أجل الظروف المختلفة ، فسيجد أن البروتونات وهي المكونات المستقرة للمادة ستكون غير مستقرة من أجل درجات الحرارة والكثافات العالية وستخضع للتفاعلات وتتحول إلى جسيمات أخرى وسيتشكل عندئـذ مـا يعرف بالبروتون المضـاد (Anti Proton) والنترون المضـاد – Anti neutron – وستنشأ أيضاً كثافة طاقة عالية من النترينوات – Neutrinos – سيبدأ الكون بالتوسع وستتبرد المـادة وكـذلك الإشعاع وعندما تهبط درجة الحرارة إلى حوالي عشرة آلاف مليون درجة فان معظم الجسيمات غير العادية باستثناء البوزترونات ستختفي وستبقى فقط الفوتونات والإلكترونات والبوزترونات والنترونات والنترينوات . الآن وعندما تهبط درجة الحرارة إلى ما يقارب ألف مليون درجة فان معظم الإلكترونات والبوزترونات سوف تفنى وستكون طاقة الإشعاع الموافقة أكبر .



تحلل نوى الذرات المعروف بتحلل B : « بيتا » ، ينتج عنه تشكل الالكترون ، والبروتون والنوترينو والنترون. من المعروف أن التفاعلات الذرية الحاصلة في الشمس تنتج جسيمات متعددة. ولكن الجسيم الوحيد الذي يستطيع الفرار نحو الفضاء هو النترينو . إن النترينوات، التي تمكننا من معرفة المزيد حول الشمس لا تمتلك أية كتلة أوشحنة. وهي تسير بسرعة الضوء وللكشف عنها لا بد من استعمال خزانات مطمورة على عمق كبير ومليئة بالسوائل .

من الآن فصاعداً لن تكون النتريتوات مرتبطة بمراحل التطور .
وهكذا فما بين درجة الحرارة المساوية لحوالي ألف مليون درجة ودرجة الحرارة المساوية لمائة مليون درجة تقريباً ستتألف العناصر من البوزترونات والنترونات . عند درجات الحرارة الأكثر ارتفاعاً تكون النوى غير مستقرة فهي تتشكل ثم تتحطم ثانية . ولكن عندما تنخفض درجة الحرارة تصبح التفاعلات النووية بطيئة إذا ما قورنت بتوسع الكون ويكون مدى الحرارة المذكور مناسباً لتكوين العناصر . يستغرق الكون خلال هذا المدى وقتاً مقداره ألف ثانية ليتشكل خلالها الهليوم بنظائر مختلفة وفي نهاية نصف الساعة الأولى سيتحول حوالي ٢٠-٣٠ بالمائة من البروتونات إلى هيليوم وعندما تهبط درجة الحرارة أكثر من ذلك ستتحد الالكترونات والايونات من جديد تاركة قدراً ضئيلاً من المادة المتجمدة في حالة تأين (حوالي واحد بالألف أو أقل من مجموع المادة) .



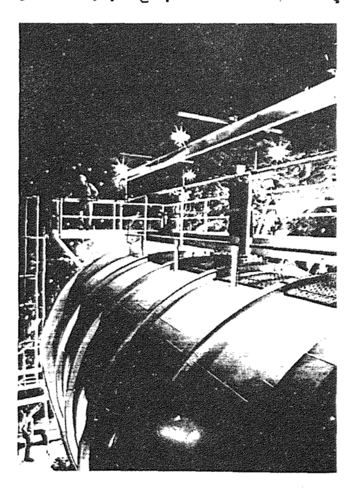
مصادر الأشعة السينية«x»المعروفة حالياً حيث يقع عدد يسير منها فقط خارج مستوي المجرة مما يدل على أن معظمها ينتمي إلى درب التبانة . ويقع في أقصى اليمين. المصدر الموجود في سديم السرطان ويقع على خط المركز وفوق درب التبانة المصدر الموجود في برج العقرب .

وطالما ظلت كثافة الإشعاع عالية جداً بالمقارنة مع كثافة المادة يتعذر على كتل الغاز أن تتكثف وهذا لا يمكن من تشكل المجرات والنجوم ، وذلك لأن الإشعاع يمكن أن يعتبر غازاً لا تمتلك جسيماته كتلة مستقرة وسيكون ذا ضغط شديد لا يمكن لجاذبيته الثقالية أن تتغلب عليه .

بسبب التوسع تتناقص كثافة الطاقة بصورة ثابتة بحيث أن طاقة الإشعاع ستنخفض في النهاية إلى درجة حرارة الغرفة ، في هذا الوقت تقريباً تتشكل التجمعات الكروية ذات الكتلة التي قد تساوي مائة ألف مرة كتلة الشمس . لقد تم ذلك قبل تشكل المجرات وعندما تشكلت المجرات تشكلت النجوم وتتفاوت كتلة النجوم الملحوظة ما بين عشر كتلة الشمس إلى ستين ضعفاً من هذه الكتلة . ونظراً لأن دورة حياة هذه النجوم تعتمد على مقدار الكتلة التي يمكن أن تستهلك وتعتمد على السطوع ، حيث أن السطوع متناسب مع مكعب الكتلة ، فان دورة حياة أحد أثقل النجوم هي من رتبة عشرين ألف مليون سنه بينما تبلغ دورة حياة أخفت النجوم حوالي مليون سنة . يمكن بالاستناد إلى فلك الكون التطوري تقدير عمر الكون بحوالي عشرة آلاف مليون سنة بحيث أن بعضاً من أقدم النجوم ربما يحتوي على مقدار معين من المادة المنتجة خلال نصف الساعة الأولى وتحتوي مثل هذه النجوم حتماً على ٢٠ بالمائة من الهيليوم ولا تحتوي على عناصر أثقل كالحديد والكربون ومما يجدر ذكره أن بعض النجوم المكتشفه يحتوي على قدر ضئيل من العناصر الثقيلة لا يجاوز واحداً في المائة وبعضها الآخر ، لا يحتوي طيفها على خطوط لعناصر ثقيلة على الإطلاق .

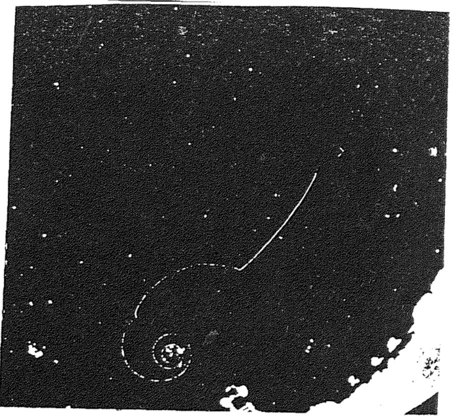


تمتص سحابة الغبار الغامض التي تعرف بسديم رأس الحصان في كوكبة الجبار orion الإشعاع من النجوم التي خلفها ثم تعيد اصدار هذا الإشعاع مما يجعل دراستها أمراً شديد التعقيد



إن الوسيلة الوحيدة للكشف عن النترينوات تتم ضمن خزانات مطمورة في الأرض مليئة بالسوائل

إن الوضع ، مع ذلك . مضلل إذا قمنا باختبار تجريبي آخر للنظرية فنسبة الهيليوم ، كما ذكرنا يجب أن تكون بحدود ٢٠٪ واسوء الحظ فان النجوم القديمة ذات درجة حرارة سطحية تبلغ ٣٠٠٠° ولا يمكن لخطوط الهيليوم أن تظهر إلا في أعلى النجوم حرارة . الك التي تبلغ درجة حرارة سطحها حوالي ١٠٠٠٠° أو أكثر. وهكذا فلا نستطيع تحديد مقدار الهيليوم الموجود في نجوم كهذه . إن هنالك نجماً واحداً أو نجمين قياسيين لهما درجة سطحية أكبر ويظهر فيهما قدر من خطوط الهيليوم ولكن هذا القدر غير معروف . نحتاج إذاً هنا لمزيد من التجارب .

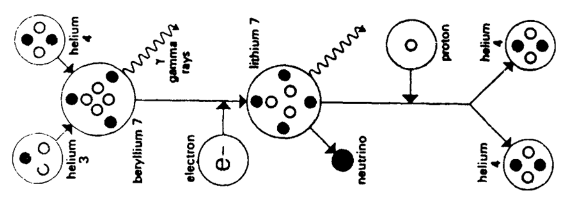


لا يترك النيوترين أي أثر في غرفة الفقاعات وربما كان تفاعله النادر مع الجسيمات الأخرى هو الوسيلة الوحيدة للاستدلال على وجوده . يدخل أحد الجسيمات غرفة الفقاعات ويتفاعل مع جسيم اخر مما يعطي بروتوناً – الأثر القصير على اليمين – وميووناً « Muon » – الأثر الطويل المركزي – وبوزيتروناً – الأثر الحلزوني –

علم الفلك الترينوي – Neutrino –

يتضح من هذه المناقشة أن هنالك حقلاً آخر ذا فائدة كبيرة بالنسبة لعلم الكون ألا وهو علم الفلك الترينوي . تخضع كثير من نوى الذرات التحول : يصاحبه اصدار جسيمات بيتا – B-decay – وهو تحول نووي يرافقه اصدار الكترون ، كما ناقشنا سابقاً ، وفي الحقيقة فمنذ تنبؤ باولي – Pauli – بهذا التحلل أجريت مجموعة من التجارب أعطت وبصورة مستقلة برهاناً على وجود النترينو وعلى خصائصه . إن البرهان على وجود النترينو هو أمر صعب وذلك لأنه ذو شحنة معتدلة وذو كتلة مساوية للصفر وذو سبين يشبه سبين الإلكترون . تدفق عمليات تحرر الطاقة التي تجري في النجوم النترينوات فاذا درسنا تدفق هذه النترينوات ربما علمنا شيئاً عن عمليات تحرر الطاقة تلك . لا تتفاعل النترينوات لسوء الحظ إلا بصورة نادرة مع الجسيمات الأخرى مما يجعل الكشف عنها أمراً صعباً وربما شكل ذلك ميزة ما . نعتمد في علم الفلك دوماً وبصورة تامة على الرصد أكثر من اعتمادنا على التجربة فيجب علينا الجلوس وانتظار الإشعاعات الكهرطيسية حتى تأتي إلينا سواء كانت هذه الإشعاعات ضوء أو موجات راديوية . ننتظر هذه الاشعاعات كيما تدخل المنظومة الشمسية حيث نستطيع اكتشافها بوساطة أجهزة على سطح الأرض أو في مختبرات فضائية على أحسن تقدير . تتفاعل هذه الإشعاعات التي تشكل ضوءاً أو اشارات راديوية قادمة من الفضاء الخارجي بشكل جيد وشديد مع المادة . وفي الحقيقة فاما كنا نستقبل هذه الاشعاعات بعد مرورها بالغلاف الجوي للأرض وكذلك بعد مرورها بأجهزتنا فلا نستطيع اكتشاف الفوتونات المحررة أصلاً من النجوم . تغادر الطاقة في الحقيقة سطح النجوم على شكل

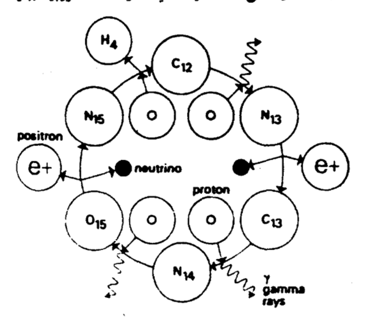
فوتونات منخفضة الطاقة وإن لدينا سبباً جيداً يجعلنا نعتقد بأنها نتجت أصلاً في الداخل بأشكال لها ارتفاع أكبر من الطاقة ، وحتى لو تحررت من الجسم فوتونات أعلى طاقة . كما يمكن أن يحدث أحياناً . فان الإشعاع يمكن أن يمتص أو يبعثر قبل الوصول إلينا . وبالإضافة إلى ذلك فان غاز ما بين المجرات الذي يفصلنا عن الجسم يعيد اصدار شكل آخر من الإشعاع وبنفس الطاقة . وربما يحرف الحقل المغناطيسي في غاز ما بين النجوم أية أشعة تتضمن جسيمات مشحونة . ان أيا من هذه العقبات غير موجود في حالة النترينو .



إحدى طرق توليد الطاقة في النجوم

ومن ناحية أخرى فان التفاعل الضعيف جداً ما بين النترينو والمادة يجعل من الصعب جداً اكتشاف النترينو . وإن أي ممتص للنترينوات يجب أن يكون حساساً بما فيه الكفاية كي نستطيع اكتشاف عدد محسوس منها . إن هنالك عقبة أخرى ، حيث يصدر مقدار ضئيل فقط من طاقة النجوم المصدرة على شكل نترينوات . وعلى الرغم من ذلك كله فان هنالك اهتماماً كبيراً بالفلك النترينوي أما الأسباب الداعية إلى هذا الاهتمام وما يتوقع منه ، فسيشرح بالتفصيل فيما بعد . نحن نعلم بصورة جيدة

الآلية العامة لتولد الطاقة في النجوم وتتضمن هذه الآلية طرقاً حرارية نووية نستطيع تقليد بعضها على الأرض وقد حصلنا على هذه المعرفة عبر طريقة معقدة من التداخل والحذف ولدينا بالإضافة إلى ذلك تأكيد ملحوظ ضئيل النظرية إن التفاعلات النووية التي تهمنا في الحقيقة هي التفاعلات المصدرة للنتريونات وإذا تمكنا من ملاحظة هذه النتريونات فسيكون لدينا تأكيد واضح لوجودها . وفي الحقيقة فعند البحث عن النتريونات من الشمس ، نظراً لأن الشمس أقرب النجوم إلينا ، يتضح أن أحد التفاعلات يطلق نتريونات حساسة جداً بالنسبة للحرارة ، وهنا نعني ، الحرارة في مركز الشمس وهي ذات أهمية عظيمة بالنسبة لنا . فاذا تمكنا من قياس نسبة النتريونات المتولدة في هذا التفاعل ، ولو بخطأ مقداره ٥٠ بالمائة ، فاننا نستطيع معرفة حرارة مركز الشمس بدقة مقدارها ١٠ بالمائة ويشكل ذلك زيادة في معرفتنا التجريبية ببنية النجوم .



إن دورات الفحم والنيتروجين التي تحدث في النجوم تنتج نوى الهيليوم ونتريونات وأشعة غاما عالية الطاقة . تصطدم البوزيترونات في النهاية مع الإلكترونات فتفني بعضها بعضاً

بالطبع وبسبب الإنتاج العام ، ذي النسبة المئوية الصغيرة ، للنترينوات في جميع التفاعلات النجمية فان هنالك قدراً من التدفق لهذه النترينوات في الكون . ولكن من الصعب علينا اكتشاف هذا التدفق الذي يمكن أن ندعوه « خلفياً » لعديد من الأسباب ولذلك فان من الأفضل حالياً البحث عن مصادر النترينوات المخبأة في نظامنا الشمسي أولاً . إن ما ذكر أعلاه بأن قدراً ضئيلاً من طاقة النجوم يصدر على شكل نترينوات هو أمر يحتاج البرهان . فربما كان اصدار النترينوات يشكل الجزء الأساسي من الطاقة المصدرة في مرحلة ما من مراحل تطور النجوم وعلى سبيل المثال فان فاولر — **Fowler** — قد قدر طاقة النترينوات التي تصدرها النجوم بعد احتراق الهيدروجين بحوالي جزء من عشرة آلاف جزء من مجمل الكتلة المستقرة . تساوي هذه الطاقة مجموع الطاقة الصادرة من احتراق الهيدروجين . في هذا الوقت تكون النجوم قد اقتربت من نهاية حياتها بحيث أن السطوع النسبي لها بدلالة النترينوات كبير جداً . يصبح هذا السطوع أعظمياً قبل حصول الإنهيار
مجموع الطاقة الصادرة من احتراق الهيدروجين . في هذا الوقت تكون النجوم قد اقتربت من نهاية حياتها بحيث أن السطوع النسبي لها بدلالة النترينوات كبير جداً . يصبح هذا السطوع أعظمياً قبل حصول الإنهيار
الكارثي النهائي وربما كان ذلك ما نراه عندما نشاهد انفجارات المستعرات العملاقة .

من المناسب هنا اعتبار المزيد من التفاصيل حول مجمل تاريخ تطور النجوم . فبعد تحول الهيدروجين إلى هيليوم بوساطة التفاعلات الحرارية . يبتدىء احتراق الهيليوم ويؤدي ذلك إما لتشكل الفحم أو لتشكل الأكسجين حسب كتلة النجم . لا تسبب تفاعلات احتراق الهيليوم اصدار .

النترينوات بينما يؤدي الاحتراق التالي وهو احتراق الفحم لتشكل نواتي النيتروجين والأكسجين . ويؤدي كذلك احتراق الأكسجين في النجوم الأخرى إلى شيء مشابه . ونلاحظ مرة أخرى الاصدار الضئيل جداً للنترينوات . ولا بد من التذكير ، من ناحية أخرى ، بأن هذه التفاعلات تجري في درجات حرارة مرتفعة ، بما فيه الكفاية لحدوث تفاني الأزواج . يمكن أن يتم ذلك بطريقتين . إما باطلاق شعاع عالي الطاقة أو بظهور النترينو والنترينو المضاد . في الحالة الثانية تستطيع النترينوات الفرار من النجم . ويبدو من المحتمل على الرغم من عدم وجود تأكيد تجريبي مباشر حتى الآن ، أن هذه الطريقة هي السائدة في النجوم . إذا كان الأمر كذلك فان انتاج أزواج النترينو سيزداد وبصورة كبيرة عندما تجاوز درجة الحرارة ألف مليون درجة . تتضمن المراحل الأخيرة من تاريخ النجوم تفاعلات نووية أخرى تحدث بشكل متسارع مشكلة نظائر مختلفة تلي السيليكون وتنتهي بنوى مجموعة الحديد بأوزان ذرية تتراوح ما بين ٥٠ – ٦٠ . وعندما تصل المنطقة المركزية من النجم إلى هذا الوضع يحدث الإنهيار ويحدث انفجار المستعراتالعملاقة Supernova كما ذكرنا سابقاً . ربما تساعد الملاحظة المباشرة لتدفق النترينوات في تحقيق الإثبات التجريبي الصحيح لهذه التوقعات النظرية .

هنالك طريقة أخرى ربما يصبح فيها « الفلك النترينوي » أمراً مهماً . ومن الصعب جداً كما ذكرنا قبل قليل اكتشاف التدفق الخلفي ، فقد يكون الإشعاع الخلفي من النترينوات أعلى بكثير من التقديرات مما يساعد في اكتشافه . يكون من الطبيعي والحالة هذه أن نتساءل عن مصدر هذا الإشعاع الخلفي ، وستكون الإجابة العادية في حالة أية اشعاعات خلفية بأن هذه الإشعاعات ظهرت في مرحلة مبكرة من تطور

الكون عندما كانت الظروف مختلفة تماماً عما هي عليه الآن ويتوافق ذلك تماماً مع وضع الإشعاعات الكهرطيسية . إذا كانت هذه الإجابة صحيحة فان ملاحظات من هذا النوع تقدم دليلاً قوياً في صالح الكون التطوري أكثر مما تقدم في صالح نظرية الحالة الثابتة . ومهما يكن الارتباط مع الخلفية الراديوية فان نظرية الحالة الثابتة لا تزول زوالاً نهائياً وإنما يمكن القول بأن مظهراً كهذا للطاقة ربما ينتج عن إعادة خلق المادة في جميع الأجزاء والذي هو مطلوب في نظرية الحالة الثابتة .

إن إلقاء الضوء على مسألة استقصاء الكوازارات باستخدام الرصد هو أمر مشكوك فيه حالياً . إن هنالك العديد من الطرق التي يمكن أن تسلكها الكوازارات لاصدار الطاقة الخاصة بها . وبسبب عدم توفر أي دليل عن صحة أي من هذه الطرق فمن المستحيل القول بأن احدى الآليات الخاصة التي تنتج عدداً كبيراً من النترينوات أو تلك التي لا تنتج شيئاً هي آلية مفضله وبالتالي فان مقدار المعلومات التي نتوقع الحصول عليها حول الكوازارات وباستخدام فلك النيوترين هو مقدار محدود جداً في الوقت الحالي .

علم الفلك السيني :

إن هنالك مجالاً آخر للرصد ربما يشكل أهمية كبيرة في المستقبل وهو علم الفلك السيني . هذا العلم الذي يشتمل على دراسة الأجسام بوساطة الأشعة السينية الصادرة عنها ، ولما كانت الأشعة السينية لا تصدر إلا عن تفاعلات عظيمة الطاقة فان من الضروري دراسة التفاعلات ذات الطاقة العظيمة في هذا الكون . يستطيع المرء رؤية بداية استخدام الأشعة السينية في الفلك في التجارب التي قام بها ايدلن — Edlen — الذي أظهر

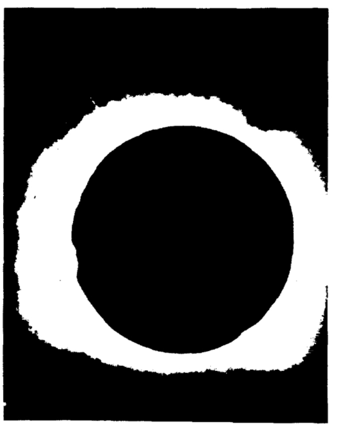
خصائص الهالة المحيطة بالشمس والتي ظلت حتى عام ١٨٨٠ سراً من الأسرار . يستطيع المرء خلال الكسوف رؤية منطقة من الضوء والنور Flares تحيط بالشمس وكان هنالك شك في القرن الماضي فيما إذا كان ذلك نتيجة فيزيائية أو مجرد خداع بصري ناتج عن ضوء القمر . وفي نهاية القرن الماضي قيس الضوء القادم من الهالة الشمسية بوساطة مقياس للطيف « المطياف » وتم التعرف على خطوط طيفية محددة حيث تبين أن الهالة الشمسية شيء حقيقي ولكن ذلك أظهر مشكلة جديدة لأن هذه الخطوط لم تتفق مع أي من الاصدارات المعروفة . تمكن ايدلن من تحديد معظم الخطوط الغريبة وكان أقوى هذه الخطوط اصدار الحديد . هذا الحديد الذي لا يمكن أن يتوفر في الحالة الطبيعية . لقد كان هذا الاصدار من حديد فقدَ تسعة أو ثلاثة عشر الكتروناً . وفي الحقيقة اتضح من هذه الدراسة أن الهالة الشمسية غلاف غازي ذو درجة حرارة تقارب المليون درجة يحيط بشمس أبرد منه . إن الحديد يمكن أن يوجد في حالة نقصان الالكترونات هذه ، فقط في وسط كهذا الوسط .

على الرغم من أن اكتشاف ايدلن قد تم في العشرينات فان علم فلك السيني لم يبتدىء كدراسة تجريبية حتى عام ١٩٤٩ وكان الأمر صعباً لأنه على الرغم من أن الأشعة السينية كانت تعتبر أشعة نفاذه إلا أنها لم تستطع اختراق الغلاف الجوي للأرض وكان من الضروري لهذا السبب اجراء الأرصاد خارج هذا الغلاف . لقد كانت الأشعة السينية ذات الطاقة الأخفض والمنبعثة من هالة الشمس تقف عند مسافة تقارب الستين ميلاً فوق الأرض . استخدمت الصواريخ من نوع ف٢ (V2) بعد الحرب العالمية الثانية في التجارب الأولى ، حيث أجريت بعد ذلك

دراسة كبيرة حول الأشعة السينية الشمسية . ومع أن الهالة الشمسية تنبأت بوجود أشعة سينية إلا أنها لم تعد مصدراً يثير الإهتمام حول فلك . هذه الأشعة وفي نهاية الخمسينات أجرى مسح شامل للسماء بحثاً عن نجوم مصدرة لها . ولكن هذا المسح الذي استخدم أجهزة غير حساسة لم ينجح . وبعد ذلك وفي عام ١٩٦٢ وخلال محاولة غير ناجحة أيضاً للبحث عن أشعة « سينية » قادمة من القمر اكتشف مصدر أشعة سينية ذو اصدار قوى من اتجاه مركز المجرة .

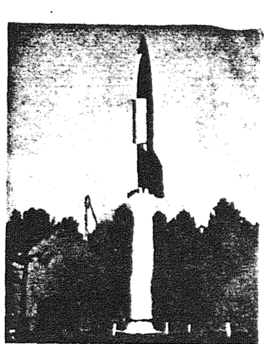
من المعروف الآن أن هنالك خطأ في تحديد موقع هذا المصدر وأن الموقع الحقيقي ذو غرابة أشد مما كان يظن في البدء إن المصدر الرئيسي لهذه الأشعة السينية التي تضرب الأرض ليس مركز المجرة ولكن مصدرها نجم يقع في برج العقرب — Constellation of scorpio — لقد عرف موقع هذا النجم بدقة كبيرة ، تصل لدقة درجة واحدة ، ولكن ما يدعو للغرابة عدم وجود نجم ، ذي اصدار راديوي أو مرئي ، غير عادي في هذا الموقع على الرغم من أن طاقة الأشعة السينية الصادرة عنه والقادمة إلى الأرض مكافئة لمقدار من الطاقة يستقبله المرء كضوء مرئي من نجم شديد اللمعان .

لقد أجري منذ عام ١٩٦٢ مسح شامل للسماء بحثاً عن نجوم تصدر أشعة سينية . وقد تم العثور على ٤٠ نجماً منها ويقع معظهما في اتجاه مركز المجرة ولا تقارن شدة أي منها مع شدة المصدر الأصلي المكتشف . يقع أغلب هذه المصادر في مستوي المجرة باستثناء اثنين منها يقعان على زاوية قدرها ٩٠° من مركز المجرة . إن هذا التوزع تقريبي كما هو الحال بالنسبة للنجوم المرئية فعلاً في المجرة .



لا تستطيع الأشعة السينية الناتجة عن الهالة الشمسية اختراق الغلاف الجوي الأرضي

ويبدو من ذلك وكأن هنالك « باستثناء الشمس » نوعين من النجوم المصدرة للأشعة السينية . وقد تم تعيين أحد هذه النجوم . وهو أبعد النجوم عن مركز المجرة ، بوساطة جسم فلكي معروف وهو سديم السرطان الذي ذكر من قبل . إن هذا النجم هو ثالث نجم من حيث قوة الاصدار ويمكن رؤيته من خلال مراقب جيدة حيث يبدو كجسم ضوئي غريب . إن كلا من الإشارات الضوئية والراديوية الصادرة من هذا القسم من السماء قد تكون نتاج غيوم ضخمة ذات الكترونات عالية الطاقة محتجزة في حقل مغناطيسي شديد التعقيد بحيث تنتج قدراً من الإشعاع يعرف بالاصدار السنكروتروني Synchrotron emission لأنه يلاحظ داخل السنكروترون ، مسرع الالكترونات .

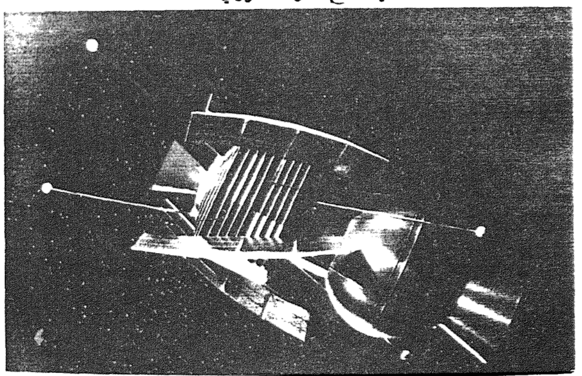


لقد حملت الأجهزة الكاشفة للأشعة السينية في البدء على صواريخ V2

يسود اعتقاد عام بأن الأشعة السينية في هذا الجسم تنتج بنفس الطريقة تماماً . وما زالت هنالك في الحقيقة أمور غامضة حول هذا المصدر . وقد ذكرنا من قبل أن سديم برج السرطان قد رصد ، على أنه انفجار ، من قبل الصينيين عام ١٠٥٤ . إن فترة حياة الالكترونات التي تمتلك طاقة كافية لاصدار سنكروتروني أدنى بكثير من الزمن الذي انقضى منذ عام ١٠٥٤ وبالتالي فان الاصدار الملحوظ يطرح تساؤلات كثيرة حول كيفية تعويض تلك الالكترونات العالية الطاقة وما هو الشكل الذي تختزن فيه هذه الطاقة .

هنالك من وجهة نظر علم الكون مسألة أكثر أهمية من مسألة دراسة النجوم المصدرة للأشعة السينية ، ألا وهي مسألة تحليل الخلفية السينية . إذ يبدو من المحتمل بصورة عامة ، ولكن ذلك غير مؤكد تجريبياً ، أن هذه الخلفية تأتي من خارج المجرة . تشير إحدى وجهات

النظر ، التي يمكن أن نتبناها ، إلى أنها ببساطة آتيه من مجموع مصادر أشعة سينية تقع خارج المجرة أي أنها آتيه من النجوم الواقعة في السدم الأخرى . وتشير وجهة نظر أخرى إلى أنها ربما تكون اشعاعاً قادماً من أقصى أصقاع الكون لأنها خلقت في الانفجار الأول . إذا تم برهان ذلك ، أي إذا كان المرء مؤمناً بأن معظم الإشعاع الخلفي آت من الأجزاء البعيدة فان نظرية الحالة الثابتة ستكون غير قادرة على تعليل هذا الوضع وسيكون ذلك نقطة في صالح الكون التطوري .

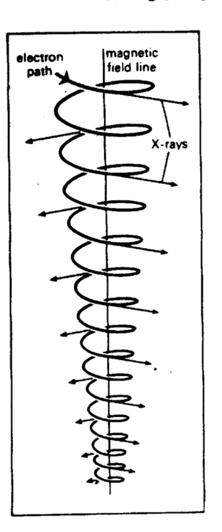


تحمل الأجهزة الكاشفة للأشعة السينية الآن على توابع فلكية اشعاعية

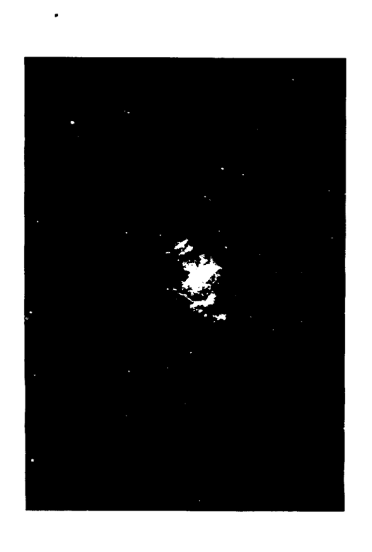
الثالة :

إن من الأمور الهامة التي تستحق الدراسة في العقد القادم ، هي تلك يتعلق بالنظرية النسبية العامة . نحن نعلم أن النظرية النسبية العامة وسيلة جيدة يمكن أن تستخدم في وصف العالم بمقياس كوني وذلك مالا تؤيده نظرية الحالة الثابتة وبالتالي فان ما نعرفه عن النسبية العامة يمكن أن

يفيدنا في اتخاذ قرار حول المسألة الكونية . وقد ذكرنا في الفصل السابق مقدار صعوبة التمييز ما بين توقعات النسبية العامة وتوقعات ثقالة نيوتن فيما خلا بعض الظروف الخاصة . إن النظرية النسبية قد عانت وبصورة خاصة في السنوات الأولى من حقيقة أن هذه النظرية قد استخدمت لوصف الجمل التي وصفها ميكانيك نيوتن من قبل . وعلى سبيل المثال نذكر ما جرى من وصف لحركة الكواكب حول الشمسي . لكن الإهتمام انصب بعد الحرب العالمية الثانية انصب على ايجاد المسائل التي تقدم لها نظرية نيوتن تفسيراً سيئاً جداً أو التي تعجز عن تفسيرها عجزاً تاماً .

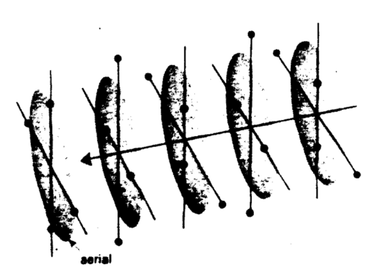


ربما كان الاصدار السنكروتروني السبب في وجود أشعة سينية فعندما تسلك الإلكترونات مداراً حلزونياً في حقل كهرطيسي تفقد جزءاً من طاقتها ويتحول الإشعاع من اشعاع سيني إلى تواتر راديوي .



إن سديم السرطان وهو بقايا انفجار نجمي يعتبر مصدراً هاماً لأشعة س وللموجات الراديوية . تسرع الإلكترونات إلى درجة عالية من الطاقة في المركز . ويسبب الهيدروجين الذي تبلغ درجة حرارته ٤٠,٠٠٠ درجة احمرار اللون في الخارج .

واليوم تبرز مثل هذه المسألة من المقارنة بين ثقالة نيوتن والنسبية العامة ونظرية ماكسويل في الكهرطيسية . فلدينا في نظرية ماكسويل الكهرطيسية نوع خاص من حلول المعادلات يلائم الاشعاع الكهرطيسي . ونحن نعلم تطبيقات متعددة لهذا الحل يمكن أن تستخدم في وصف البث التلفزيوني مثلاً أو في وصف ما يرد من النجوم من إشارات ضوئية أو راديوية . إن جميع هذه الحلول الموافقة لمعادلات ماكسويل تمتلك خاصة مشتركة واحدة يمكن أن نصفها بأن نقول بأنها حلول شعاعية . وفي الحقيقة فان ذلك لا يعد مسألة بسيطة يمكن شرحها أو حلها بدون استخدام لغة تقنية ولكن سيكون من الكافي بالنسبة لأغراضنا إذا فكرنا فيها ببساطة على أنها توافق حقولاً كهرطيسية تتصرف بصورة تقريبية كاشارات محطة البث الإذاعي أو تتصرف كالضوء . وهنا ينطرح التساؤل عما إذا كان يوجد لمعادلات الحقل الثقالي حلول شعاعية .



عندما تمر موجة ثقالية (أشير لها هنا بسهم) هوائي بسيط يحمل أربعة جسيمات متوضعة على قطرين فيه فان هذه الجسيمات تتحرك بالنسبة إلى بعضها

إن احدى الخواص الهامة للحلول الشعاعية لمعادلات ماكسويل كونها تسافر بسرعة الضوء أما في الثقالة النيوتنية فلا يوجد أي سرعة محددة – كسرعة الضوء مثلاً – وإن التفاعل بين الأجسام ينتشر فورياً . فاذا تخيلنا أن الشمس تدمرت فجأة فان الأرض ستبدأ فوراً بالتحرك على خط مستقيم بدلاً من التحرك على مدار اهليلجي ، على الرغم من وجود ثماني دقائق لا يخيم الظلام على الأرض إلا بعدها . وهكذا تشكل الثقالة النيوتنية اقتراباً سيئاً من النظرية التي تأخذ اشعاع الثقالة بعين الاعتبار ، إذا كان هذا الأمر يلعب فعلاً دوراً هاماً .

وهكذا اعتبرت مسألة وجود اشعاع ثقالي ومسألة خصائص هذا الاشعاع مسألتين هامتين جداً بالنسبة للنظرية النسبية في الخمسينات . وطالما كان الجانب النظري هو المعني بالأمر تظل طبيعة الأشعاع الثقالي مفهومة تماماً . لنعتبر أن لدينا جسمين أو أكثر كانا في الأصل في حالة ساكنة بحيث أن حقل الثقالة المحيط بكل منهما مساوٍ وبصورة تقريبية إلى حل شفارتس شيلد – Schwartz Schild – (نصف القطر الحرج) . إذا تحرك هذان الجسمان أحدهما بالنسبة للآخر ثم عادا إلى السكون مرة ثانية فانهما سيصدران اشعاعاً ثقالياً ما بين حالتي البداية والنهاية . وبالإضافة إلى ذلك تصبح الكتلة النهائية لهذين الجسمين المختارين أدنى من مجمل كتلتيهما الأصلية بمقدار الطاقة المحمولة بعيداً بوساطة الإشعاع . وهكذا فان الوصف النظري مرضٍ تماماً ويبقى أمامنا اكتشاف شيء تجريبي ما حول أمواج هذا الإشعاع . إن أي برهان عن وجود مثل هذه الأمواج يعني بالضرورة أن مزيداً من المعرفة حول النظرية النسبية العامة قد تحقق وسيشكل ذلك أهمية بالغة في علم الفلك .

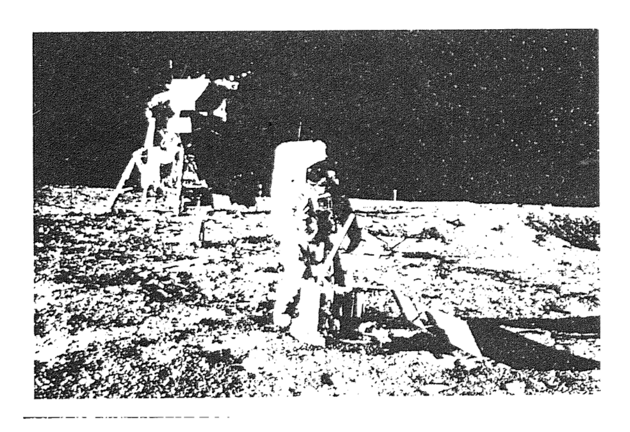
المرجع الأكبر بخصوص تحري . الإشعاع الثقالي هو جوويبر في ميريلاند (Joe Weber) وربما كان موقف ويبر في هذا الشأن يشبه موقف هرتز (Heinrich Hertz) بعد أن نشر ماكسويل معادلاته وتوقع وجود اشعاع كهرطيسي إذ تمكن هرتز — Hertz — من صنع ما يمكن أن نسميه فرجة شرارة ومستقبل . وبتغيير مواضعهما النسبية كان هرتز قادراً على تحديد طول موجة الإشعاع الذي يتعامل معه . وبالإضافة إلى ذلك ، ومن أهم الأمور على الإطلاق أنه كان قادراً وبوضوح تام على اظهار أن الإشعاع يسافر من المرسل إلى المستقبل بالطريقة البسيطة التي تظهر أن الشرارة في المستقبل تتوقف عندما ينقطع التيار الكهربائي عن المرسل . أما في حالة الإشعاع الثقالي ولسوء الحظ لم يكن ويبر في وضع يحسد عليه على الإطلاق لعدم وجود مرسلات للاشعاع الثقالي على قدر كاف من القوة . حيث أن قوة الثقالة أضعف بكثير من القوة الكهرطيسية . إن أي جسم من الأجسام التي تتحرك ضمن المختبر لا بد حسب النظرية أن تصدر اشعاعاً ثقالياً ؛ لكن هذا الإشعاع سيكون ضئيلاً بحيث يتعذر اكتشافه بالوسائل التجريبية المتاحة حالياً وبالتالي فان الإمكانية الوحيدة تنحصر في انتظار اشعاع ثقالي قادم من كارثة كبيرة في هذا الكون . وليس من الصعب التكهن بأن نوع الحوادث التي نتوقعها هي حوادث ارتصاص الكتل الضخمة ، التي لا يمكن تجنبها ، وظواهر مماثلة .

لقد قام ويبر Weber بمجموعة من التجارب يستحسن قبل مناقشتها التحدث قليلاً عن الإشعاع الثقالي إن النسبية العامة نظرية أكثر تعقيداً ، بكثير من نظرية ماكسويل الكهرطيسية . وإذا أردنا اكتشاف موجة كهرطيسية فاننا نحتاج إلى هوائي معين ثنائي الأقطاب بصورة

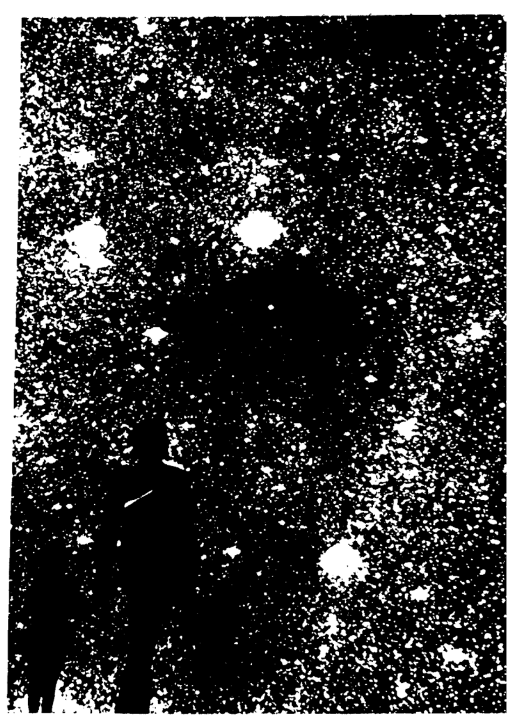
أساسية (وعند الحديث عن الهوائي نود أن يتم هذا الحديث بأبسط الطرق النظرية وبدون التساؤل عن خواص قضبان الفولاذ وغير ذلك) يمكن أن يعتبر الهوائي مؤلفاً من جسمين مشحونين تفصل بينهما مسافة معينة وعندما تعبر الموجة الكهرطيسية بينهما يتغير تباعدهما . إن اكتشاف الموجة الكهرطيسية يعد أمراً يسيراً عندما يقارن باكتشاف الموجة الثقالية . فالاكتشاف هذه الموجة يحتاج المرء إلى جملة مؤلفة من أربعة جسيمات مرتبة على دائرة مثلاً . وعندما تعبر الموجة الثقالية الفراغ الكائن بين هذه الجسيمات سيتباعد الزوجان الموجودان على أحد القطرين وسيتقارب الزوجان الموجودان على القطر الآخر المتعامد مع القطر الأول .

وفي الحقيقة كان لا بد لنا من ذكر هذه المعلومات التقنية من أجل فهم التركيب الأساسي لجهاز ويبر . لقد استخدم ويبر اسطوانة من الألمينوم ارتفاعها حوالي خمسة أقدام ويتراوح قطرها ما بين القدمين والثلاثة أقدام وقد ثبت حول مركزها عدد من البلورات الموصولة بمضخم للتيار المستمر عالي الخرج . عندما تمر الموجة الثقالية عبر الإسطوانة فستشكل وضع انضغاط فيها يحدث اقتراباً في بعض أجزائها وابتعاداً في أجزاء أخرى منها وبالتالي ستتولد في البلورات تيارات كهربائية يمكن أن يضخمها المضخم . يبدو الجهاز بسيطاً للغاية ولكنه سيصادف مجموعة من العقبات سببها ضعف طاقة الإشعاع المتوقع ويتضمن الجهاز بناء مضخم عالي الخرج وينتج عن ذلك بأنه سيكون قادراً على اكتشاف التشويش المحلي بصورة جيدة . فاذا سار شخص ما بقرب الجهاز محدثاً ضجة ، أو مرت حافلة بالشارع المجاور فستظهر اشارة كبيرة . إن جميع ذلك يجب أن يلغى . لقد عمل ويبر في البدء على أساس بناء جهاز معزول بصورة جيدة . ولكننا لا نستطيع تجنب جميع التشويش

الخارجي بهذه الطريقة لأن الهزات الأرضية على سبيل المثال تستطيع التغلب على أي عزل . وربما كان هنالك اشعاع كهرطيسي قادم من الشمس أو كان هنالك أشعة كونية ، وسيؤثر جميع ذلك على الجزء الكهربائي من الجهاز . وقد استطاع ويبر تجنب هذه الصعاب عندما استخدم مكشافين بدلاً من مكشاف واحد تفصلهما مسافة معينة .



يثبت ألدرين « Aldrin » تجهيزات على سطح القمر بهدف نقل تفاصيل الهزات القمرية إلى الأرض . يعطي تثبيت أجهزة من نوع مختلف يفضل وضعها في نقطتين نائيتين عن بعضهما معلومات قيمة جداً حول الإشعاع الثقالي . وربما كان نقل مثل هذه الأجهزة إلى القمر أمراً ليس ببعيد



عندما ننظر إلى السماء نجدها تطرح علينا أسئلة أساسية شتى . فما هذا الكون ؟ هل
يتطور باستمرار ؟ أم أنه اتخذ ذات الشكل منذ قديم الأزل وإلى الأبد أو أن
شيئاً خلافاً لذلك يحدث اننا نبحث عن نظرية كونية جامعة وعن برهان
ملحوظ وسيتابع ذلك أولادنا وأحفادنا

ربما يتساءل القارىء عن سبب استخدام اسطوانة الألمنيوم هذه ذات الكتلة الضخمة . إن السبب في ذلك هو أن حساسية المكشاف تعتمد بصورة رئيسية على كتلته . كان ويبر في البدء يفكر باستخدام أكبر الكتل المتاحة أمامه وهي الأرض وستكون الأرض في هذه الحالة أكثر حساسية من اسطوانة الألمنيوم ولكن الأرض يسودها تشويش شديد وسواء كان مبعث هذا التشويش الأرض بحد ذاتها أو الإنسان الذي يسكن عليها ، وذلك بالطبع شيء لا يمكن تجنبه ، فان هنالك امكانية أخرى في هذا الصدد تتركز باستخدام القمر كمكشاف ، ككتلة تثبت البلورات عليها عندما يزور رواد الفضاء القمر وربما شكل ذلك طريقة ناجحة في اكتشاف الإشعاع الجاذب ولكنها لم تستخدم حتى الآن . وهنالك بعض الآمال باستخدام برنامج القمر الأمريكي لهذا الغرض .

استخدم ويبر ، حالياً ، مكشافين متباعدين أحدهما في ميريلاند والآخر في آرغون وذلك بهدف تجنب الإشارات الطفيلية . أما طبيعة الاشارات التي لحظها فكانت عبارة عن نتوءات مستدقة أعلى من العتبة العامة للاشارات المتولدة عن الضجيج وقد عين أيضاً ، نتيجة لرصد في المخبرين ، تزامناً يعني وجود نهايتين مستدقتين فوق العتبة بتوافق زمني لا يتجاوز ٠,٤٤ من الثانية ولكنه اعتبر ذلك مصادفة يمكن أن تحدث مرة واحدة كل عدة سنوات . لقد لاحظ ويبر في الحقيقة المزيد من المصادفات التي تحدث مرتين أو ثلاث مرات اسبوعياً وقد استطاع أن يبرهن باستخدام طريقة الحذف عدم وجود شيء يمكن أن يسبب ذلك باستثناء الثقالة حيث استخدم ارتفاع الإشارة لقياس قوتها . أما جهازه فيحتوي على عمود يميل بزاوية قدرها ٧٠° ويمسح أطراف السماء كلما دارت الأرض . وقد قضى ويبر ساعات طوالاً من أجل

الحصول على المخطط الذي يظهر فيما إذا كانت الشدة في أحد الإتجاهات أعلى من الشدة في اتجاه آخر . يوجد مؤشر قوي على أن هنالك ارتفاعاً في شدة الإشارة آتياً من جهة مركز المجرة .

وإذا كان الأمر كذلك فيبدو أن المسألة ليست مسألة ارتصاص – Collapsing – في النجوم أو مستعر عملاق – Supernova – فيها . كما أنها ليست أيضاً مسألة كوازارات – quasars – بقدر ما هي شيء ما يحدث في مركز المجرة مسبباً الإشعاع . إن مقدار الطاقة في احدى النبضات يبدو مرتبطاً بقدر من الطاقة يناظر كتلة تزيد عن كتلة الشمس . وفي الحقيقة فاننا يجب في هذه المرحلة أن نكون حذرين لأننا لا نحيط علماً بالحسابات التي أجراها ويبر . لقد افترض ويبر في البدء الافتراض الطبيعي بأنه لم يوفق باختيار التواتر الذي يتجاوب معه الجهاز . وهكذا فقد توقع أن مقدار الطاقة الملحوظ عند تواتر معين سيكون مساوياً تماماً مقدار الطاقة عند أي تواتر آخر . وعلى الأقل ضمن حزمة من التواترات متوسطة القياس . إذا كان هذا المقدار من الطاقة يأتي من ارتصاص فان هذا الارتصاص سيكون كارثياً لجسم تجاوز كتلته عشرة أضعاف كتلة الشمس وسينهار خلال زمن يساوي واحداً بالألف من الثانية . فمن الواضح إذاً أننا نحتاج إلى قدرة عالية من التحويل إلى أمواج ثقالية لتنتج طاقات من النوع الملحوظ . أما إذا كان ذلك بمجمله قادماً من مركز المجرة فان مجرتنا تفقد من الكتلة سنوياً ما يساوي ثلاثمائه ضعف كتلة الشمس . وهذا بالطبع مقدار كبير .

تمكن ويبر فيما بعد من تعديل جهازه بحيث يستقبل موجات له

تواترات مختلفة ، ويبدو واضحاً الآن أن هذه الموجات ربما تشغل حزمة ضيقة من التواترات . إذا كان الأمر كذلك فانه يعني بالطبع أن ويبر كان موفقاً إلى درجة كبيرة عندما اختار التواتر الأصلي، ولكن الأهم من ذالك أن هذا التواتر يخفض مقدار الطاقة التي يحتمل أن نحتاج إليها .

إن هنالك دوماً بالطبع ، وفي غمرة الإكتشافات للمادة البعيدة جداً ، احتمال أن تكون قريبين من نجم نتروني . تحدث فيه الهزات مرتين أو ثلاث مرات أسبوعياً . ويظن بأن النجوم النترونية تمتلك قشرة قاسية تتيح امكانية حصول هذا النوع من الهزات عليها مما يسبب الإشعاع الذي يجعلنا في هذه الحالة نعلم أكثر بقليل عن الكون بمجماه . إن هذه الإمكانية غير المحتملة أبداً تذكرنا بأن النسبية العامة ما تزال مرتبطة بالأمر حيث ستظهر في ذهن القارىء بصورة طبيعية فكرة أن مثل هذا النجم النتروني القريب سيكون مرئياً بصرياً . إذا أخذنا نجماً نترونياً وقد تقلص حجمه إلى حجم الكرة التي تتنبأ بها النظرية النسبية ، من أجل أية كتلة ، فسيكون بالطبع غير مرئي عن بعد . فاذا كانت لدينا كتلة مقدارها ك وحسبنا طولها الحرج $\frac{ج ك}{ض^{٢}}$ ورسمنا الكرة التي يساوي نصف قطرها الطول الحرج فسنجد في الحالة التي تكون فيها الكتلة متوضعة بكاملها ضمن الكرة أن سطح الكرة ذو خصائص غريبة فهو يسمح للاشارات بالدخول ولكنه لا يسمح لها بالخروج ، أنه نوع من السطوح ذات الإتجاه الواحد ضمن الفراغ الذي يشغله . إن أي ضوء أو اشعاع ينتج ضمن الكرة لن يكون قادراً على الخروج وان نكون قادرين على رؤية النجم . إن مثل هذه النجوم تعرف الآن باسم « الثقوب

السوداء » ويمكن أن تكتشف بوساطة حقاها الثقالي بغض النظر عن اطلاقها الاشعاع الثقالي وعلى الرغم من عدم اكتشافنا لأي نجم من هذا النوع فليس من المستحيل وجود أحدها .

ويجب ، مهما يكن ، ألا نخطىء بسبب الأهمية التي تمتلكها النسبية العامة في جميع اعتباراتنا حيث تفترض أنها جزء رئيسي من الفيزياء النظرية فهي لا تعدو كونها مجرد جزء ضئيل من هذه الفيزياء . ضئيل ولكنه هام . ضئيل لأنه غير مرتبط ببقية الفيزياء النظرية فلا توجد هنالك أية نظرية كونية مقنعة حتى الآن تستطيع أن توحد ما بين النظرية النسبية العامة وميكانيك الكم . وقد شرحنا في الفصل السابق ، كمثال على ذلك التناقض ، النظرية الهجينة التي تأخذ آراء معينة من النسبية العامة وآراء أخرى من ميكانيك الكم . إذ يبدو أن انحفاظ العدد الباريوني لا يتم ضمن كتلة تحجمت إلى داخل كرة شفارتس شيلد وليست لدينا في الوقت الحاضر أية فكرة عما إذا كانت أية نظرية جامعة في المستقبل ما بين ميكانيك الكم والنظرية النسبية تستطيع أن تزيل هذا التناقض أولاً ، ولكننا نأمل ذلك . وفي الوقت الحالي وفي غياب مثل هذه النظرية لا بد لنا من الاستعانة بالحقائق التجريبية وكذلك بالنظريات في مجال ميكانيك الكم الحديث لأنهما على بعض الصلة بعلم الكون .

إن من أهم المعالم المذهلة في مجال الذرة وجود عدد كبير جداً من الجسيمات ، التي كانت تدعى في السابق جسيمات أولية ، تأكد الآن وجودها . لقد تغير الوضع بصورة مثيرة خلال السنوات العشر الأخيرة حيث تم تصنيف الجسيمات تصنيفاً منطقياً . أما أكثر التصانيف

عقلانيه وهي ما يعرف بنظرية تناظر SU3 فكانت بسبب غيل مان (Murray Gell man) عــام ١٩٦٤ الذي اقترح أن هـــذه الجسيمات مؤلفة من قطع بناء أصغر يسمى احداها كوارك « quark » وتعد شحنة احدى هذه القطع شيئاً مميزاً لهذه القطعة على الرغم من أن شحنات الجسيمات الملحوظه هي من مضاعفات شحنه الالكترون ك ولكن « الكوار كات » تحمل شحنة تساوي ٣/٢ ك أو ٣/١ ك وقد كرست في عامي ١٩٦٤ ١٩٦٥ جهود كبيرة في البحث عن « الكواركات » على الأرض ولكن دون طائل . وقد اقترح هوانغ وادواردز . (J.C. HUang and Tw Edwards) ربــط مسألــة البحث عن « الكواركات » بمسألة شرح مصدر طاقة الكوازارات وبعبارة أخرى فقد اقترحا امكانية ملاحظة « الكواركات » في أمكنة أخرى سوى الأرض ويذكرنا ذلك بالطبع بوضع مشابه ، فقد اكتشف الهيليوم على الشمس قبل اكتشافه على الأرض وذلك بوساطة خطوط الهيليوم في الطيف الشمسي .

كان المبدأ في فكرتهما بسيطاً جداً حيث افترضا وجود نوى فيها نقص في قطع البناء « quarks » المؤلفة لها مما يؤثر ، كما هو متوقع تأثيراً بالغاً على أطوال موجات خطوط الطيف في ذرات عديدة وإذا لحظ الفلكي هذا الاختلاف فسيعاله تعليلاً خاطئاً لأنه رأى الخطوط الطيفية في غير مواقعها المتوقعة بالنسبة إلى بعضها . وبواسطة التحليل المفصل العناصر الذي يمكن أن يتوقعه المرء ، ومقارنة الخطوط الصادرة من الكوازار 3CI91 اعتقدا أن الانزياح الكبير نحو الأحمر في هذه الحالة ، ١,٩٥ ، ليس كونياً تماماً وقدرا بأن الإنحراف نحو الأحمر هو بحدود ٠,٣١ أما باقي الإنحراف فهو غير حقيقي وسببه تغير طول موجة

الخطوط الناشيء عـن نقصان في قطع البناء « quarks » . تقرب قيمة الانزياح نحو الأحمر الجديدة في اقتراب الكوازار – quasar – منا ما يوافق خرجاً من الطاقة أدنى من خرج ألمع المجرات المعروفة ، وبصورة طبيعية فان هنالك قدراً كبيراً من العمل ينبغي القيام به قبل قبول مثل هذا التعيين بأية درجة من التأكيد . تظهر فكرة مثل هذه الملاحظة وبشكل مهم التأثير المتبادل ما بين ميكانيك الكم والنسبية العامة . هذا التأثير له مظاهر مختلفة وعلى سبيل المثال فان مجمل شرح التركيب الداخلي النجوم وطريقة اشعاعها الضوئي والراديوي يتطلب نظرية كمومية ميكانيكية وبالتالي فان الواسطة الفعلية للملاحظة في عالم الكون تعتمد بصورة قوية على ميكانيك الكم . ومن ناحية أخرى فان آلية الانهيار التي تنتج عنها طاقة الكوازار – quasar – إذا كانت هذه الطاقة ناتجة فعلاً عن مثل هذا الانهيار ، ذات تأثير على ميكانيك الكم لأنها تتوقع فناء الباريونات – Baryons – . نحن نشعر بالحاجـة إلى نظرية شاملة تتضمن كلاً من النسبية العامة وميكانيك الكم بحيث لا يتناقضا وما يزال شكل ذلك غامضاً بالنسبة لنا ومع ذلك فان الفصل القادم سيشرح بعض الآراء غير المألوفة حول ذلك .



السير ارثر أدينغتون
Sir Arthur Eddington

نظريات كونية غير عادية

في حين أن الخصمين المتنازعين قد انسحبا ، كل إلى طرف ، ليدافعا عن المواقع المتنازع عليها في عالم الكون التطوري وفي نظرية الحالة الثابتة فما تزال هنالك في الأجنحة مناوشات ضعيفة . ويهدف هذا الفصل إلى تناول بعض هذه المناوشات . يمكن أن نبدأ بالتساؤل المطروح في الفصل السابق حول توحيد النسبية العامة وميكانيات الكم وبغض النظر عن أهمية ذلك في عالم الكون فان هنالك سبباً عاماً للبحث عن العلاقة بين النسبية العامة وميكانيات الكم . فمن الصعوبة بمكان شرح مبدأ ماخ دون الاستعانة بنظرية شاملة . ينص مبدأ ماخ على أن الظواهر في المدى الواسع تؤثر على الظواهر المحلية . وبعبارة أخرى فان شرح مبدأ ماخ بشكل كاف يتضمن أيضاً وصفاً للتأثير النسبي ما بين نظرية الثقالة وميكانيات الكم .



ديراك ، ذو الشهرة الكبيرة، بسبب اكتشافه المعادلة التي تصف الإلكترون بطريقة نسبوية .

إن من المحاولات المبذولة الربط ما بين هاتين النظريتين ما يعرف بتكمية quantizing الحقل الثقالي . فميكانيك الكم ينشأ من عملية تبدو غريبة نوعاً ما حتى لممارسيها . وهذه العلمية كما تعرف بالتكمية وتتلخص جوهرياً بما يلي : . يأخذ المرء ، نظرية في الفيزياء مستمرة في جميع توقعاتها ويجري عليها تغييرات بطريقة تكللت بالنجاح في نظريات أخرى . هذه التغييرات تعطي بعض توقعات النظرية قيمة مميزة. وبهذه العملية تدخل الأعداد الصحيحة في النظرية . إن الطريقة التي اعتمدها شرودينغر « Schrôdinger » في هذه العمليـــة كانت في الأصل ذات صلـــة بالوتر المشدود . إن وتـــراً غير محـــدود الطول يمكن أن يكون مسرحاً لموجات ذات أطول متفاوتة . وإذا ثبت الخيط في كلا نهايتيه فان أطوال الموجات المستقرة يحددها طول الخيط . وهذا بالطبع مبدأ عمل جميع الآلات الوترية . وهكذا فان نظرية الاستمرار العامة في الوتر اللامحدود قـــد عدلت بفكرة الوتر المثبت من طرفيه . وكنتيجة لذلك ظهرت مقادير مميزة معينة . هذه المقادير تتضمن التواتر الأساسي لاهتزازات الوتر وجميع مضاعفاته . التي يمكن أن تثار أيضاً .

ويمكن أن نقول بصورة عامة إن طريقة التكمية تشير إلى أن يأخذ المرء نظرية تقليدية ويجري تحليلاً للملاحظات التي تتنبأ بها النظرية على غرار ما يحدث في الحركة النوسية . ويعود هذا التقليد في الحقيقة إلى اللحظة التي قاس فيها غاليليو زمن نوسات مصباح ثقيل في كاتدرائية بيزا بالاستعانة بنبضه الخاص . لقد اعتبر النواس كنموذج أساسي يمكن أن يفهم بواسطته كل شيء . وعندما أجري هذا التحليل في إطار نظرية النواس أصبح الباقي بسيطاً ، لأن عملية التكمية فهمت في حالة

النواس (أو ما يعرف تقنياً باسم الهزاز التوافقي harmoric) تماماً من الخبرة. فقد تم اجراؤها بطرق مختلفة منذ اختراع ميكانيك الكم .

تسري مثل هذه الطريقة . بمعنى ما ، على نظريات الحقل ، كالحقل الكهرطيسي الذي يتضمن مبدأ معروفاً باسم مبدأ الانضمام Superposition . ما هي القوة المؤثرة على شحنة م بفعل شحنتين آخريين ب وج ، موجودتين معاً في جوار م ؟ إن هذه القوة هي مجموع القوتين الناجمتين عن كل من ب و ج على حدة . ويصح ذلك نفسه على الكتل في نظرية نيوتن الثقالية . أما في النسبية العامة فان هنالك مظهراً أساساً وهو أنه عندما تؤثر كتلتان على كتلة ثالثه فان تأثيرهما مجتمعتين لا يساوي مجموع تأثيريهما المفردين وأن هنالك شيئاً تجب اضافته . وهذا ما نقصده عندما نقول إن الكهرطيسية نظرية خطية في حين أن النسبية العامة ليست كذلك . وإن التكمية طريقة اخترعت النظريات الخطية بصورة خاصة وتبقى مسألة الشك في امكانية تطبيقها على النظريات غير الخطية .

ومهما يكن من أمر فان هنالك صعوبة جدية في تطبيق طريقة التكمية على النسبية العامة . فما يسمى بالحقل الثقالي قد استعيض عنه في النسبية العامة بجعله جزءاً من نظرية أساسية جديدة في هندسة الفضاء . وليس في هذه الهندسة مكان للحقول المتصلبة التي من النوع الذي يصادف في ميكانيك الكم أو للتمثيل المتمم للحقول بالجسيمات أو للجسيمات بالحقول . إن الطريقة الوحيدة للخروج من هذه الصعوبة هي ايجاد بديل هندسي يمثل الجسيمات وليست لدينا أية فكرة عن هذا البديل . لقد كان هنالك برنامج مطول يهدف إلى تكمية النسبية العامة منذ عشرين عاماً ولكنه لم يصب النجاح حتى الآن .

نظريات ثلاثة متطرفة

مما يجدر التساؤل عنه امكانية وجود طرق مختلفة لتوحيد النظريتين اللتين نحن بصددهما . ولقد وضعت لذلك آراء عدة سنعالجها فيما يلي ،

إن الرأي الأول كان لديراك P. A. M. Dirak الذي لاحظ أن معظم الثوابت الفيزيائية الأساسية يعبر عنها بواحدات نوعيه كالسنتمترات أو الثواني أو الغرامات بيد أن من الممكن تشكيل ثوابت جديدة . من الثوابت القديمة ، تمتلك قيمة واحدة في جميع جمل الوحدات وستكون هذه الثوابت حينئذ بدون أبعاد . لقد اعتمد ديراك وجهة النظر غير العادية نوعاً ما والقائلة بأن الأعداد من هذا النوع والحاصلة بشكل طبيعي يجب أن تؤخذ وحدها بالاعتبار . لقد سمح ديراك لنفسه أن يعد مادته التجريبية بالاستعاضة عن كل عدد من الأعداد الأقل من الواحد بمقاوبه . وكانت النتيجة مجموعة من الأعداد كلها أكبر من الواحد . وجد ديراك بعد ذلك أن هذه الأعداد « تندمج معاً » .



الدكتور ليتلتون

Dr.R.A. Lyttelton

وكمثال على ذلك سرعة تباعد المجرات أي ثابت هابل –
– Hubbl's Constanc – إن هذا الثابت يمكن أن يعبر عنه أيضاً بواسطة ثابت آخر ذي طبيعة زمنية . هذا الثابت الجديد يسمى غالباً عمر الكون، ونعني بذلك العمر الذي سيمتلكه الكون فيما او توسع بهذه السرعة منذ أن خلق لأول مرة (أنه في الواقع مقلوب ثابت هابل) . لقد قدر هذا العمر في زمن نشرة ديراك الأولى بحدود ٢٠٠٠ مليون سنة ولكن التقديرات الحالية أعلى من ذلك بكثير . إن هذا العمر كما ذكرنا تم تقديره بالسنين . ولكن هنالك واحدة أخرى للزمن مستخدمه في الفيزياء الذرية تتعرف بدلالة بالثوابت الذريه . فاذا كانت ك شحنة الإلكترون و ك كتلته و ض سرعة الضوء فان المقدار $\frac{ك}{ك ض^{٢}}$ يمثل زمناً قصيراً جداً . وهكذا إذا عبرنا عن عمر الكون بدلالة هذه الوحدة فان العدد الناتج سيكون بالطبع عدداً كبيراً . ولما كان هذا العدد هو نسبة زمنين فان قيمته لا تعتمد على الوحدات المستخدمة في قياسه فاذا استخدمت الأقدام والثواني بدلاً من السنتيمترات والسنوات فاننا سنحصل على نفس الجواب وهو رقم يساوي $١٠^{٤٠}$ أي واحد وعلى يمينه أربعون صفراً لقد دهش ديراك من حقيقة أن قوة الثقالة أضعف بـ $١٠^{٤٠}$ مرة من قوة الكهرباء الساكنه ، وأكثر من ذلك فان علماء الكون قدروا عدد الجسيمات في الكون بحوالي $١٠^{٨٠}$ وهذا بالطبع هو مربع العدد $١٠^{٤٠}$ إن ذلك في الحقيقة غريب جداً حيث ارتبطت ثلاثة قياسات بسيطة للكون ، عمره وعدد جسيماته ونسبة أهم القوى المميزة فيه ، ارتباطاً بسيطاً . لكن الذي حير ديراك حقائق أخرى أكثر أساسية من هذه .

إن جميع المقادير اللا بعدية الخاصة بصورة طبيعية تقع حسب رأي ديراك ضمن واحد من ثلاثة أصناف: فاما أن تكون من رتبة الواحد أو

من رتبة عمر الكون بالواحدات الذرية أو من رتبة مربع ذلك . وحتى نشرح ما نعنيه بكلمة رتبة يجب أن نشير إلى أن رتبة الواحد مثلاً ربما تتراوح ما بين الواحد والألفين مثلاً . إن هنالك مجالاً مشابهاً تقع ضمنه الثوابت التي من الرتبتين الأخيرتين وبالطبع فان ذلك لا يسبب التباساً بسبب الفاصل الشاسع الذي يفصل بين هذه الأصناف الثلاثة . وفي الحقيقة فقد أشار باحثون آخرون إلى المصادفات العددية التي لحظها ديراك، منهم على سبيل المثال ستيوارت — Stewart — الذي نشر عام ١٩٣١ ملاحظة في « مجلة الفيزياء Physical Review حول المصادفات العددية التي منها ما ذكرناه آنفاً . ولكن ديراك كان أول شخص حاول اقتراح نظرية لشرح هذه المصادفات ، وبالتحديد المصادفات موضوع البحث . أي أن عمر الكون وعدد الجسيمات مرتبطان بنسبة بسبب الثوابت الفيزيائية الموجودة فيهما . فثابت الثقاله يعتمد حسب رأيه على الوقت الغابر منذ أن خلق الكون .

أن يكون أحد الثوابت هو عمر الكون كان أمراً مميزاً بالنسبة لديراك . أما الثابتان الآخران فاما أن يساوياه أو يساويا مربعه لأنهما يعتمدان على عمر الكون . إن ثوابت الصنف الأول التي لها رتبة الواحد قد جمعت معاً لأنها لا تعتمد على العمر على الإطلاق .

ليس من العدل أن تسمى نظرية ديراك نظرية كونية كاملة ولو أنه كان قد صاغها بشيء من التعميم عام ١٩٣٧ فقد أخذ نموذجاً للكون مشابهاً للنماذج التوسعية في نظرية النسبية العامة ولكنه وضع افتراضه حول اعتماد الثوابت على عمر الكون في صيغة أكثر تخصصاً : إن أي ثابتين لا بعديين كبيرين جداً مرتبطان بمعادلة بسيطة مضاريبها

من رتبة الواحد . إن من الممكن وبنقاش بسيط حول الكثافة الوسطية للمادة وحول ثابت هابل (واللذان هما من رتبة واحدة) أن نستنتج اعتماد ثابت هابل على الزمن . اتضح بعد ذلك أن عمر الكون الحقيقي هو ثلث ما نتوقعه عند استعمال قيمة ثابت هابل الحالية في نماذج الكون المتوسع . إن هذا التقاص في العمر كاف لاحداث تناقض مع عمر النجوم ولكن ديراك يعتقد أنه من الممكن تفادي ذلك بافتراض أن العمليات النووية حصلت في الماضي بشكل أسرع بالمقارنة مع العمليات الذرية التي تحدث الآن .

من الواضح الآن أن نظرية ديراك تعاني من مشاكل رياضية كبيرة ولكنها تقدم على الأقل نظره واحدة مستمرة للموضوع . وكثيراً ما ما يكون أحد المقدارين االذين تحدثنا عن نسبتهما كونياً والآخر ذرياً . إن من الممكن تشكيل نسب لا بعدية في الفيزياء الذرية لوحدها أو في عام الكون لوحده ولكن النسب حينئذ لا تبدو ذات أهمية كبيرة . نجد أن معظم النسب اللا بعدية الحاصلة تخالط ما بين الفيزياء الذرية والكونية . ويتجلى حينئذ مبدأ ماخ من جديد . إن معظم الناس متفقون على أن الأعداد الحاصلة ذات دلالات خاصة . بطريقة ما . وإذا كان الأمر كذلك فان هنالك ، مرة ثانية ، ارتباطاً ما بين الصغير جداً والكبير جداً من النوع الذي أشار إليه ماخ .

ستأتي الآن إلى ذكر نظريـــة جـــوردان « Jordan's Tiheory » التي صاغها عام ١٩٤٧ والمستندة على نظرية ديراك . لقد تجنب جوردان بعض الصعوبات عندما أهمل قانون ثبات كتلة الكون وكان بذلك في جانب نظريتي الحالة الثابته ولكن بالطبع لأسباب مختلفة تماماً . اعتقد

جوردان وبصورة خاطئة أن تجنب مفارقة أولبرس – Olbers paradox – يقتضي أن يكون الفضاء منحنياً . في الحقيقة فان مفارقة أولبرس لا علاقة لها بالانحناء البتة . افترض جوردان بعد ذالك ابقاء الطاقة الكلية ثابتة ، بافتراض أن الكتة الجديدة تخلق في حالة شديد الكثافة وتنفجر بعد ذالك . وبهذه الطريقة فان ازدياد الطاقة الذي سببه ازدياد الكتلة سيعدل بالطاقة الكامنة الثقالية السالبة التكثف . لقد اعتقد جوردان أن الإنفجار ينتج عن انفجار تجدد أعظم وتوصل من خلال نظريته إلى أن انفجاراً من هذا القبيل لا بد أن يحدث مرة واحدة سنوياً في كل مجرة . إن هذا التوقع توقع دقيق ، ونظراً لأن معدل انفجارات التجدد الأعظم المرصودة كان بمعدل قدره مرة واحدة لكل مجرة من أجل قرنين أو ثلاثة فان هذه النظرية على تضاد مع الرصد لا مخرج منه .

إن أي ذكر للثوابت اللا بعدية لن يكون كاملاً بدون الإشارة الى أدنيغتون Eddington مع العلم أن كتاباته تلقى قدراً أقل من الإهتمام في هذه الأيام مما كانت تلقى سابقاً . وإذا أردنا أن نمسح العلوم الكونية غير العادية مسحاً كافياً فسنجد أن علومه تلعب دوراً هاماً . . إن نظريته ليست نظرية كونية بصورة مبدئية ولكنه توخى منها أن تكون خطة للفيزياء ككل ولكن حسب مبدأ ماخ فان لهذه النظرية مغزى كونياً .

لقد جاء كتابه عن الفلك على اتصال وثيق بالنسبية العامة بصورة مبكرة . لقد كان لأدنيغتون أثر بالغ في تبسيط النظرية النسبية العامة وجعلها في متناول العلماء الإنكليز عندما طبع هذا الكتاب الذي عنوانه « النظرية الرياضية النسبية » عام ١٩٢٤ وكان ذلك أول عمل قيم تشرح فيه النظرية باللغة الإنكليزية في الفصول الأخيرة من هذا الكتاب ابتدأ

باظهار طريقة مختلفة قليلاً . في النظر إلى النظريات العامية وارتباطها بالملاحظة ، عن الطريقة التقليدية . لقد تحدث عن طريقة بناء النظرية في النسبية العامة ومواجهة ذالك فيما بعد بالتجربة . كطريقة تبنى فيها النظرية بحرية وتلي ذلك التجربة كوسيلة للتحقق من المقادير التي دخلت النظرية .



اللوحة التي مكنت أندرسون من اكتشاف البوزيترون . لقد درس أندرسون العديد من الصور المماثلة التي تمثل جسيمات مشحونة إيجابياً محاولا اكتشاف اثارالبروتونات واتضح له بأن الجسيمات المدروسة ذات كتلة أدنى من كتلة الإلكترون بقليل فلا يمكن أن تكون بروتونات لأن البروتونات تمتلك كتلة أكبر . وقال بان هذه الجسيمات هي الإلكترونات المضادة أي البوزيترونات

بعد نشر هذا الكتاب بقليل أظهر ديراك كيف يمكن للمعادلة التي تصف الإلكترون في ميكانيك الكم أن تكتب بشكل متفق تماماً مع النظرية النسبية الخاصة . كان ذالك مرضياً بالنسبة لديراك ولكنه شكل صدمة

عنيفة بالنسبة لأدنيغتون لأن التقنيات الرياضية المستخدمة في إعادة كتابة المعادلة ليست من النوع الذي طوره ادنيغتون . وفي الحقيقة فان ديراك قد استخدم تقنية رياضية جديدة . إن من المستحيل ومهما قلنا فان نبالغ أبداً في وصف التأثير النفسي لهذا الإكتشاف على أدنيغتون الذي ظل يذكره مراراً وتكراراً كنقطة بداية لتحرياته . لقد قرر أدنيغتون التوسع في هذه التقنية من أجل الحصول على التفسير الحقيقي لكيفية نفي الرياضيات لمعادلة ما كان ينفيها أصلاً .

وجد أدنيغتون بعد قليل أن التوسع في تقنية ديراك قد قاده إلى أرقام مميزة جداً أشهرها نسبة كتلة البروتون إلى كتلة الإلكترون هذه النسبة التي قيست تجريبياً فكانت بحدود ١٨٣٦ . وحسبها أدنيغتون . بواسطة جدل نظري . فكانت ١٨٤٨ . ومن الأرقام المميزة الأخرى ما يدعى بثابت البنية الدقيقة الذي يستخدم في التعبير عن البنية الدقيقة للخطوط في طيف الهيدروجين . لقد حسب أدنيغتون هذا الثابت فوجده ١٣٧ في حين أن القياس التجريبي أعطاه قيمة مساوية ١٣٧,٠٣٦ ويلاحظ بالطبع التقارب ما بين هذه الأرقام .

يظهر الآن نوعان من التطورات غير الموفقة ، الأول هو حساب الأعداد من هذا النوع حيث كان الفيزيائيون يعتبرونها دوماً نتائج تجريبية . وقد قاد الوضع السابق إلى انتقاد شديد كان له في البدء أثر طيب في جعل أدنيغتون يحاول تعميق الأسس الفيزيائية لأفكاره ، ولكن الهجوم المستمر أقصاه عن الاصغاء لجميع الانتقادات . أما السنوات العشر الأخيرة من حياته ، ما بين عامي ١٩٣٥ ١٩٤٥ ، فقد قضاها وحيداً يعمل بوحي أفكاره بما يرضيه ، والثاني هو الانتقاد الموجه لعدم

الاتفاق ما بين القيم المحسوبة للثوابت والقيم المرصودة لها ، مما وضع أدنيغتون في وضع يتعذر التمسك به . لقد حسب أدنيغتون أعداداً هائلة من الثوابت وأصر على أن قيمة المحسوبة صحيحة تماماً شرط أن يكون للتجارب نتائج مختزلة بالطريقة المناسبة . لقد كان لهذا الأثر الأكبر في الاقلال من ثقة الفيزيائيين التقليديين في طرقه .

• • •

أما بالنسبة للنظرية الكونية فكان أدنيغتون محافظاً تماماً ، فكان يفترض على الدوام أن الكون نموذج من النماذج التوسعية في النسبية العامة مع تحديد اضافي بأن هذا التوسع انطلق من حالة آينشتاين الإبتدائية . إن هذا لإفتقار إلى روح المغامرة في تفاصيل النموذج ، ثم تعويضه من خلال إصرار أدنيغتون على محاولة بناء نظرية من نوع جديد .

ويبدو جلياً اليوم أن بالإمكان تأسيس نظرية قيمة من النوع الذي تصوره أدنيغتون لأن الدراسة الدقيقة لجهوده تشير إلى شيء جديد . هذه النظرية ذات صعوبات جمة حالياً لأنها يجب أن تعمل في نفس الوقت، في بنيتين نظريتين لهما تعقيدات مختلفة . ويبدو الأمر وكأن علينا أن نحل مسائل مرتبطة جزئياً بميكانيك نيوتن وجزئياً أيضاً بالنسبية الخاصة . وحيث لم يعد بالإمكان لا أن نقول بأن جميع السرع صغيرة بحيث يكون ميكانيك نيوتن دقيقاً بما فيه الكفاية . ولا أن نقول أيضاً بأن المسألة يمكن أن تصاغ بالكامل في بنية نظرية معقدة للنسبية الخاصة .

تثير هذه المناقشة الإنتباه إلى مسألة يسهم حلها في تقديم دفع كبير للتقدم في مجال العلوم الكونية . هذه المسألة هي تقرير العلاقة ما بين بنيتين نظريتين احداهما أقل تعقيداً من الأخرى أو بالأحرى ، وبصورة

أقل تفاؤلاً ، تقرير العلاقة ما بين المقادير العددية في هاتين البنيتين . إذا فهمنا هذه المسألة فاننا نستطيع أن نفهم كيف يمكن الربط ما بين النسبية العامة وميكانيك الكم بحيث يكون لدينا أول في ايجاد وصف كاف للكون ككل . وبالطبع فان ذلك صعب المنال وبالتالي فان نظرتنا لهذا الأمر متشائمة مستقبلاً .

إن الصعوبات في علم الكون التي أشار إليها نظريو الحالة الثابتة هي في الحقيقة أكبر كثيراً مما افترضوا . أما الجدل في صالح نظرية الحالة الثابتة فهو أنه إذا لم تكن نظرية الحالة الثابتة صحيحة فان علوم الكون ستكون أشد تعقيداً لأننا لا نعلم كيف تتغير القوانين الفيزيائية بين أرجاء الكون وليست هنالك أية صعوبة في إعادة صياغة ذلك بواسطة البنى التجريدية لهذا الفصل ، ولكن الصعوبة الآن تتجلى أكثر في وضع نظرية شاملة ، سواء افترضنا صحة نظرية الحالة الثابتة أم لا . وفي الحقيقة فقد انخفضت معقولية هذا الافتراض في السنوات الأخيرة بسبب النتائج التجريبية ، على الرغم من أننا ما نزال نأمل بأن ذلك سيتغير وفيما لو اعتبرت نتائج الملاحظة جزءاً من نظرية شاملة . أو أننا بحاجة لأكثر من نظرية شاملة . فمن غير المنطقي افتراض وجود نظرية شاملة واحدة تستطيع الجمع ما بين مختلف النتائج التجريبية على تنوعها . أما إذا كانت هنالك أكثر من نظرية شاملة واحدة فان مسألة الربط ما بين هذه النظريات التي لا تشكل أجزاء نظرية شاملة تعد أمراً معقداً .

وتتناول نظريات ديراك وأدنيغتون ذلك بصورة عامة . فهي تتعارض مع الفيزياء التقليدية بطريقة أو بأخرى . ولإعادة التوازن ، وبدلاً من أن نستنتج من النظريتين ما يمكن أن يتم شرحه في إطار فيزيائي تقليدي . سنصطنع تغيرات مختلفة إلى حد ما في وجهة النظر حول طبيعة المادة في الكون .

الروابط في الفيزياء الأصولية :

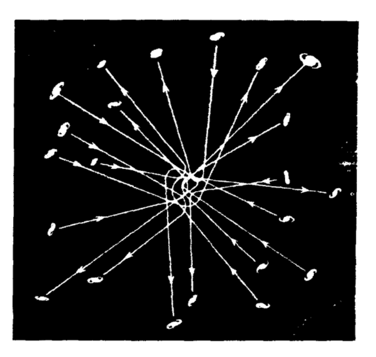
لا توصلنا أولى هذه الروابط ، كما يبدو إلى أية نتيجة مرجوة والذلك فسنأتي على ذكرها باختصار لأنها تظهر مقدار الحرص الذي يجب أن يتحلى به المرء عند التحقق من فرضياته . إنها مـا يدعى « بالكون الكهربائي لبوندي ولتيلتون » R A Ly-ttel-ton and Bondi التي صاغاها عام ١٩٦٠ ، وكان ليتلتون بصورة خاصة مهتماً بمسألة توسع الكون . وقد طرح السؤال التالي متعجباً : لماذا يوجد حركة تراجعية سائدة في كتلة تثاقلية يتوقع منها أن تتهافت على نفسها . وبدا لهما كما لو أن هنالك قوة تنافر سائدة ومن خلال البحث عن هذه القوة يتجه ذهن المرء طبعاً نحو القوة الكهربائية بين شحنتين لهما اشارة واحدة .

إن هنالك بلا شك قدراً كبيراً من الشحنة الكهربائية في الكون لأن المادة كما نعلم مؤلفة من بروتونات وإلكترونات ونترونات . إن النترونات بالطبع جسيمات معتدلة ولكن تأثير الشحنة على الجسيمين الآخرين يعدّل تماماً لأن الشحنة على البروتون موجبة ولها نفس مقدار الشحنة السالبة على الإلكترون . حيث أن الشحنات على البروتونات تنفي أثر الشحنات على الإلكترونات .

يقدم ميكانيك الكم الدليل على أن أي الكترونين هما متشابهان تماماً ولكن ذلك يعد مظهراً غريباً لجميع قطع البناء الأساسية في المادة ، وهو أن تمتلك أي قطعتين من نفس النوع هذا التشابه الكبير والغريب ويعبر عن ذلك أحياناً ، بالقول أن الجسيمات الأساسية يمكن أن تميز بسبب امتلاكها قدراً محدوداً من المكونات . بالطبع هنالك منطق نستطيع فيه أن نقول إن أي كرتين للمضرب متشابهتان . ولكننا نعلم أننا إذا

أخذنا كرتين يقبلهما أي فريقين ويعتبر انهما مناسبتين لاعبة فاننا سنجد وعبر التحليل المدقيق بما فيه الكفاية بعض الفروق بينهما . إنهما تمتكان نفس الكتلة والكن إلى حد معين من الدقة . ولا يعني ذالك أننا إذا قمنا بقياسات دقيقة للكتلة لن نجد فرقاً ، ربما كان ضئيلاً بمقدار جزء من الميلغرام مثلاً . وبنفس الطريقة فان هنالك اختلافات دقيقة في القساوة وفي اللون وهكذا .

إن المسألة في حالة الإالكترونات (أو في حالة الجسيمات الأولية الأخرى) مختلفة تماماً ونستطيع بمقارنة كتلتي الكترونين أو شحنتيهما أن نستنتج شيئاً مشابهاً لما استنتجناه بالنسبة لكرتي المضرب إن لدينا في ميكانيك الكم طرائق مختلفة للتجارب . فاما كان الإالكترونات متشابهين تماماً فان الجملة لن تتغير إذا ما استبدلنا الكترونين ببعضهما وسيعطي ذالك ، ضمن ظروف مناسبة ، طاقة اضافية ندعوها « طاقة الاستبدال » مما يسهم في تفاعلات كمية مميزة . أما إذا كان الإالكترونان متشابهين بصورة تقريبية فقط فان امكانية الاستبدال ستختفي .



البروفسور هانس الف فين الذي طور أفكار كلاين الكونية ووضعها في نظرية لا تعتمد على نظرية الحالة الثابتة أو على نظرية الإنفجار الكوني الأعظم إن غيمة من المادة المنتشرة تسقط بمجملها لتدور حول مركز الكتله في مدارات لها شكل قطع مكافىء ثم لا تلبث أن تنتشر من جديد . ربما كنا الآن نرقب طور التوسع .

إن هنالك جدلاً فيما إذا كان مقدار شحنة البروتون مساوياً تماماً لمقدار شحنة الإلكترون وفي الحقيقة . فقد لاحظ لتيلتون أنه لا يوجد هنالك برهان دافع حول ذلك . إن البرهان في هذه الحالة له نفس نوع البرهان الذي رأيناه في حالة كرات المضرب أي أنه خاضع للخطأ التجريبي وبالتالي افترض بوندي ولتيلتون أن الشحنة على البروتون لا تساوي وتعاكس تماماً الشحنة على الإلكترون وينتج عن ذلك أنه في قطعة معتدلة من المادة لا بد أن تتواجد بعض الشحنة المتبقية تظهر بسبب أن شحنات الإلكترونات لا تعدل تماماً بشحنات البروتونات . إن زيادة مقدار احدى الشحنتين عن الأخرى سيسبب تنافراً وقد عزا بوندي ولتيلتون توسع الكون إلى قوة التنافر هذه .

لقد تبين وبصورة مدهشة أن مقدار زيادة احدى الشحنتين على الشحنة الأخرى بهدف تأمين التوسع المقاس للكون وبهدف تعليل ظاهرة الأشعة الكونية الملاحظة كان أدنى مما لوحظ في المختبر وبذلك تكون هذه النظرية مثالاً صارخاً يظهر كيف أن افتراضاً غير عادي يمكن أن يقود إلى نظرية مختلفة ، بصورة ملحوظة . ولكن منذ عام ١٩٦١ أجريت الكثير من القياسات الحريصة بحثاً عن أية شحنة زائدة متواجدة على البروتون أو على الإلكترون وقد اصطنعت هذه القياسات للتحقق من هذه النظرية . وبسبب الإهتمام العام بذلك . يبدو الآن وكأن هذه الشحنة الزائدة ضئيلة جداً ، فهي غير قادرة على جعل نظرية لتيلتون ــ بوندي محققة .

إن النظرية التي سنوردها الآن أكثر طموحاً من نظرية بوندي ولتيلتون.تعود هذه النظرية بالأصل إلى أوسكار كلاين «Oskar klein» ولكنها طورت إلى حد كبير من قبل هانس آلف فين

– Hans Alf Ven – وسواء قدمت هذه النظرية الحل لجميع المسائل الكونية كما توقع لها كلاين وآلف فين أم لم تقدم فانها تظل أمراً مشكوكاً فيه . لقد اهتمت هذه النظرية كثيراً في اظهار امكانية بناء نظرية مختلفة تماماً عن نظرية الإنفجار الكوني الأعظم ومختلفة أيضاً عن نظرية الحالة الثابتة ضمن إطار تقليدي .



عندما تصل بلازما الشمس وهي الغاز المتأين الصادر عن الشمس ، إلى الأرض فانها تتفاعل مع طبقات الغلاف الجوي الرقيقه ويتشكل الشفق القطبي . إذا كانت الشمس مكونة من المادة المضادة فان الفجر سيكون أشد لمعاناً مما هو عليه الآن بسبب الفناء المتبادل للمادة وضدها

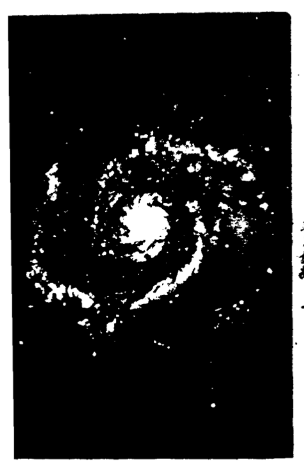
يعتمد أساس هذه النظرية ، في جوهره ، على فكرة المادة المضادة رهو أمر معروف في ميكانيك الكم منذ سنوات عديدة وتقول هذه الفكرة بأن لكل جسيم جسيماً مناظراً يسمى الجسيم المضاد . فاذا كان الجسيم الأصلي مشحوناً فان مضاده مشحون أيضاً بشحنة ذات اشارة

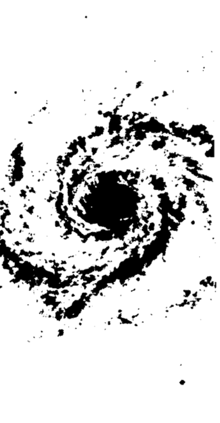
معاكسة وعند دمج الجسيم مع مضاده فانهما يتفانيان محررين قدراً هائلاً من الطاقة إن قوانين الكم حسبما نرى في تناظر تام مع ما يعرف بالمادة والمادة المضادة ومن ناحية أخرى فان العالم الذي نعيش فيه يتألف بمعظمه من المادة .

إن من الصعوبة بمكان الحصول على المادة المضادة تجريبياً بصورة محلية على الرغم من وجود بعض النجاحات حيث أمكن الحصول على البوزيترون وهو عكس الإلكترون عام ١٩٣٠ من قبل أندرسن « C.D.Anderson » كما أمكن الحصول على البروتون المضـــاد أيضاً قبل عقدين من الزمن . إن تجارب كهذه هي في الحقيقة تجارب صعبة الإجراء وذلك بسبب ضرورة الحصول على الجسيمات المضادة بعيداً عن متناول المادة العادية لأن الجسيمات المضادة تفنى حالما تصادف المادة العادية مصدرة قدراً من الطاقة . كما ذكرنا من قبل . إن لدينا تناقضاً ظاهرياً وهو أن القوانين الفيزيائية متناظرة بالنسبة للمادة وضدها في حين أن كوننا إذا ما اعتبرنا ما نشاهده في جوارنا المباشر غير متناظ أبداً .

قبل أن نطلع على آراء كلاين وآلف فين فيما يخص المادة المضادة سنطلع على رأيهما حول توسع الكون بغض النظر عن سبب هذا التوسع . يظن في الغالب وبسبب ابتعاد جميع السدم عنا بسرعة متناسبة مع المسافة بأن هنالك حادثة وحيدة للخلق ابتدأت بسببها هذه السدم بالابتعاد (مالم يناقش هذا الأمر وفقاً لفرضيات الحالة الثابتة) . ومهما يكن فان مثل هذا الظن غير واقعي فعندما يقيس المرء عدداً من السدم على مسافات معينة وذات سرع معينة فسيجد بأن السرع لا تتناسب تماماً مع المسافة وإذا أجرينا الحساب على السدم عندما كانت قريبه منا (بما يوافق

حادثة وحيدة) فلن نحصل على نفس القيمة تماماً من أجل كل المجرة . وفي الحقيقة فعندما يدرس المرء أرقام الحساب يجد من الرصد أن من الممكن لسديمين مختلفين أن يكونا فعلاً في منطقتنا المحلية ولكن بفاصل زمني قدره بحدود عشرة ملايين سنه . وهكذا فان هذين السديمين ليسا بالضرورة قريبين من بعضهما ، وليس بالضرورة أيضاً وجود حادثة وحيدة . وبعبارة مختصرة ، فعلى الرغم ، أنه من الصحيح أنه من حادثة وحيده يمكن استنتاج قانون هابل فان الاشتقاق العكسي غير ممكن وكمثال على تفسير آخر لقانون هابل يستطيع المرء أن يتصور كتلة كبيرة من الغاز ابتدأت بالتقلص تحت تأثير جذبها الثقالي الخاص . وعند استمرار التقلص تتشكل تكثفات محلية ، هي السدم . هذه السدم تتحرك بصورة نسبية إلى بعضها في مدارات لها شكل قطع مكافىء ثم لا تلبث أن تبتعد من جديد وبغض النظر أيضاً عن مسألة تناظر المادة مع ضدها فان كلاين وآلف فين لا يعتقد ان بضرورة صحة نظرية الإنفجار الكوني الأعظم أو نظرية الحالة الثابتة .





كم من الكون يتألف من المادة أي من الكترونات وبروتونات بصورة أساسية وكم منه
يتألف من المادة المضادة التي تتألف من بوزيترونات وبرونونات مضادة ،
وباستثناء الشمس والقمر وما قرب منا من الكواكب فلا توجد وسيلة
لتعيين ذلك وفي الحقيقة فمن المنطقي أن يفترض المرء بأن الكون
بمجمله متناظر . وقد تكون السدم المرئية مكونه من المادة أو
المادة المضادة . لقد تم تمثيل ذلك بصورة
رمزية في هذه الصورة بالتصوير السالب
والموجب لأحد السدم الحلزونية

• إن هنالك سؤالاً يطرح نفسه فيما إذا كانت هنالك سدم معينة أو حتى نجوم خاصة في مجرتنا يمكن أن تكون مؤلفة من المادة أو من ضدها. حسب وجهة النظر التي تقول بوجود التناظر التام ما بين الجسيمات والجسيمات المضادة فان معظم خواص المادة ستناظر خواص المادة المضادة وعندما يتحد على سبيل المثال عدد كبير من ذرات الهيدروجين المضادة (أي الذرات المؤلفة من البروتون المضاد في المركز والإلكترون المضاد في المدار) مع عدد مناسب من ذرات الأكسجين المضاد فان ذلك يعطي الماء المضاد الذي يتجمد في درجة الصفر ويغلي عند الدرجة مائة ولا نلاحظ أي خلاف بينه وبين الماء العادي ما لم يتلامسا. إذا حدث مثل هذا التلامس يحدث حينئذ انفجار كبير . وهكذا فمن الممكن أن توجد نجوم مضادة anti Stars تعطي قدراً من الإشعاع مماثل لإشعاع النجوم ولا نملك أية وسيلة للتمييز بينها وبين النجوم بواسطة اشعاعها .

يستحسن في هذا الموضع ذكر المزيد حول هذا الموضوع لأن فضاء ما وراء النجوم ليس خاوياً تماماً بل أن هنالك بلازما رقيقة تسقط من الفضاء المحيط على بعض النجوم وتخرج من بعض النجوم نحو الفضاء وإذا تواجدت نجوم مضادة فستكون هذه المضادات مؤلفة من المادة المضادة وسيكون هنالك احتمال للتفاعل . كم من الكون نستطيع أن نقول بصورة مؤكدة أنه مؤلف من المادة ؟ نحن نعلم بالتأكيد أن الأرض والقمر مؤلفين من المادة . تصدر الشمس بلازما تصل إلى الأرض وتسبب الشفق القطبي – Aurora borealis – فاذا كانت البلازما مؤلفة من المادة المضادة فان لمعان الشفق القطبي الشمالي سيساوي حوالي ألف ضعف لمعانه الحالي . كما أن هذه البلازما تصل أيضاً إلى عطارد

والزهرة والمريخ التي لا نرى فيها أية ظواهر فناء واضحة وبالتالي فان هذه الكواكب مؤلفة من المادة . أما بالنسبة للكواكب الخارجية فليس لدينا في الحقيقة أي دليل على الإطلاق .

أما ما نتوقعه إذا ما كانت بعض مناطق الكون تتضمن المادة وبعضها الآخر يتضمن المادة المضادة فهو وجودَ منطقة بين المنطقتين السابقتين تتفاعل فيها البلازما من المنطقة الأولى مع البلازما من المنطقة الثانية مما يسبب اشعاعاً مستمراً . ويمكن أن يرتبط ذلك بالأشعة الكونية ، وبالشروط التي يتوقع المرء وجودها في الفضاء بحيث أن نصف الطاقة المحررة ، وبصورة تقريبيه ، يمكن أن تكون على شكل نترونات وثلثها على شكل أشعة غاما وسدسها على شكل أشعة راديوية . ونجد بوضوح أن طرق الرصد التي ناقشناها في الفصول السابقة تكون لها الأهمية البالغة في تقرير فيما إذا كان مقدار هذه الإشارات متفقاً مع الفناء من هذا النوع المقترح وكما قلنا سابقاً فان الكشف عن النترينوات هو أمر عسير وكذلك الأمر بالنسبة لأشعة غاما ، ولهذا السبب فان الأشعة الراديوية ، على الرغم من أنها الأندر ، تعد مصدر البرهان الأكثر احتمالاً .

نأتي الآن إلى مسألة تناظر الكون ، نستطيع تحقيق متطلبات التناظر بطرق عديدة مختلفة فاما أن نفترض أن المادة المضادة موجودة في منطقة بعيدة جداً وأن جميع ما نرصده مؤلف من المادة أو أن نفترض أن الكون الملحوظ متناظر ، أي أن لكل سديم سديم آخر مؤلف من المادة المضادة . ويمكن أن يظهر التناظر ، من ناحية أخرى ، في داخل مجرتنا وفي كل مجره . ونحن هنا أمام خيارين : فاما أن يكون الجزء البعيد من مجرتنا مؤلفاً من المادة المضادة أو أن جميع النجوم

الواقعة في جوارنا مؤلفة من المادة المضادة . ولا يمكن التحقق ، حتى من النوع كبير التناظر ، بواسطة الرصد في الوقت الحالي . وإذا كان ألمع النجوم التي نراها وهو الشعرى اليمانية مؤلفاً من المادة المضادة فليست لدينا أية وسائل لاكتشاف هذه الحقيقة أو البرهان عليها إذا لزم الأمر .

لقد حان الوقت الآن لمناقشة الرأيين المنفصلين لكلاين وآلف فين Kleim and Alfvén لقد بنيا علم الكون الخاص بهما على مبدأين رئيسيين :

١ ـ لا يجب أن تفترض قوانين طبيعية جديدة.

٢ ـ إن هنالك تناظراً ما بين المادة وضدها . وبسبب عدم وجود قوانين طبيعية جديدة شعرا بأن مناقشة حادثة الخلق الوحيدة مستحيله ، فابتداء بمناقشة مسألة غيمة الغاز شديدة الانتشار التي تكثفت مشكلة السدم ، هذه السدم التي تتحرك بتأثير جذبها الثقالي ثم تتراجع أخيراً . ومهما يكن من أمر فان تحليلاً أكثر تفصيلاً لهذه الطريقة على أساس التناظر ما بين المادة وضدها سيقود إلى قدر كبير من الفناء ولا بد أن يتدخل شيء ما لإنقاذ الوضع وهذا الشيء هو المقدار الكبير من ضغط الإشعاع الناشيء من عملية الفناء . إن ضغط الإشعاع هذا يسبب انفجار المادة بأكثر من طريقة فيما إذا لم يتواجد .

إن التحليل بالطبع صعب جداً وقد أنجز بصورة تقريبية . كما أن كلاين وآلف فين ميالين للتفاؤل حول الطريقة التي تلائم الظواهر الملحوظة وبصورة خاصة سرعة التراجع وارصاد الأشعة الكونية ، بالإضافة إلى الإشعاع واصدار الترينوات وهكذا . ومهما كان مصير

هذه النظرية في المستقبل ، فيما إذا أظهرت الأرصاد امكانية تبريرها أم لا ، فانها تشكل مثالاً مدهشاً للاختيار ما بين طريقتي التفكير هاتين من جهة ، وأية نظرية من النظريات التي وصفناها في السابق في هذا الكتاب . إننا نحتاج لمزيد من الأرصاد من أجل هذا الاختيار . إن عملية الأرصاد بحد ذاتها تعلمنا الكثير ، كما نأمل حول بنية وسلوك الكون بمجمله .

• • •



بعض المصطلحات العلمية الواردة في الكتاب

التسارع Acceleration :

وهو معدل تغير سرعة الجسم سواءً بالمقدار أو الاتجاه . وتنص قوانين نيوتن على أن التسارع متناسب مع القوة المؤثرة في الجسم ويدعى ثابت التناسب بالكتلة . إن تساوي القوة مع جداء الكتلة بالتسارع صحيح فقط بالنسبة لمجموعة مراقبين يتحركون بانتظام بعضاً بالنسبة لبعض ويحددون مجموعة من المراجع العطالية ، وترتبط هذه الاعتبارات الميكانيكية عند إعادة صياغتها بدلالة الطاقة ببقية الفيزياء . وفي الحقيقة فان بعض التعديلات لا بد أن تجرى عندما تؤخذ الخواص الغريبة لسرعة الضوء بالاعتبار مما يدعو لظهور النسبية الخاصة – Special Relativity – . وعندما تأتي الطاقة على شكل مقادير أو كميات صغيرة بصورة غير مستمرة ، يتحدث المرء حينئذ عن نظرية الكم . أو عن تكمية النظرية .

محور الزمن Arrow of time :

وهو اتجاه تقدم الحوادث مما يعلل عدم عكوسية بعض القوانين الفيزيائية ، كانتشار الموجات على سطح الماء أكثر من تلاقيها .

باريون : راجع Baryon Elementary par-ticles :

الانفجار الكوني الأعظم : Big bang :

أعطيت هذه التسمية إلى النظرية التطورية لأصول الكون . وتصف

التسمية أيضاً الشروط الابتدائية للنموذج التطوري للكون . إن مقدار المادة وفقاً لهذه النظرية يبقى ثابتاً على الرغم من كونها ذات انضغاط عالٍ جداً في البدء .

اشعاع الجسم الأسود : Black body Radiation

اشعاع حراري يتجول بانعكاسات متوالية ضمن وعاء موصد في حالة توازن حراري معه ، أي توازن لا ينطوي على اصدار إشعاعي ولا امتصاص .

إن هذا الوضع النظري قاد ماكس بلانك إلى افتراض نظرية الكم (quantum theory)

الثقب الأسود : Black Hole

وهو النجم الذي تهافت على نفسه إلى أبعد مما يعرف بالنجم النتروني neutron star بحيث أن جميع كتلته تحجمت في داخل مـــا يعرف بنصف القطر الحرج - Criticalradius - أمـــا الاستدلال على وجوده فيمكن أن يتم فقط بوساطة الحقل الثقالي القوي الذي يسببـــه والذي لا يسمح بفرار الإشعاع منه .

النجم المتحول أو الخافق : Cepheid

وهو نجم ذو لمعان متغير حيث يمكن تعيين لمعانه المطلق من فترة تغير هذا اللمعان . إن مقارنة اللمعان المطلق مع اللمعان الظاهري تجعل من النجوم المتحولة مقاييس يستخدمها الفلكيون في حساب بعد النجوم .

المبدأ الكوني : Cosmological Principle

لقد أعطي هذا الاسم إلى نقطة البدء الأساسية في علم الكون وينص

على أن أية نقطة من هذا الكون تماثل إلى حد كبير النقاط الأخرى ، (فيما لو أخذنا متوسط منطقة ممتدة بما فيه الكفاية) .

وقد عم نظريو الحالة الثابتة – Steady state – هــذا المبدأ إلى مبدأ آخر عرف باسم المبدأ الكوني التام الذي ينص بالإضافـة إلى المبدأ السابق على أن الزمن يماثل وإلى حد كبير أي زمن آخر. هذه المبادىء مرتبطة بصورة واضحة بمحور الزمن arrow of time ؛ وفي حين أن المبدأ الكوني لا يتعارض بصورة عامــة مــع توسع الكون من حالة ابتدائية واحدة فان المبدأ الكوني التام عليه أن يستخدم محور الزمن ليظهر أن الخلق المستمر وليس الفناء هو ما يحدث .

نصف القطر الحرج Critical radius :

تتنبأ النظرية النسبية لآينشتاين بأنه اذا ما تحجمت مجمل كتلة جسم ما ضمن كرة ذات نصف قطر أدنى من نصف قطر معين (وتعرف بكرة شفارتس شيلد أيضاً – Schwartz Schild Sphere –) فلا يستطيع حيئنذ أي ضوء أو أية اشارة راديوية الفرار من حقلها الجاذب ويختلف نصف القطر الحرج هذا تبعاً لكتلة الجسم . راجع أيضاً الثقب الأسود – Black hole –

مفعول دوبلر Doppler effect :

وهو تغير تواتر الموجات الكهرطيسية أو الصوتية الملحوظ من مصدر متقدم أو متراجع . ويشبه ذلك ازدياد حدة صفير قاطرة متقدمة عندما تعبر بجانب مراقب معين وتناقص هذه الحدة لدى ابتعادها عنه . وهكذا فان الضوء القادم من مجرة متراجعة ذو تواتر متناقص.راجع Red Shift.

الدائرة الظاهرية لمسير الشمس أو دائرة الكسوف Eclip-tic :

وهو الاسم المعطى لمسار الشمس الدائري بالنسبة للأرض . وأمام خلفية من النجوم . (إن النجوم بالطبع تكون غير مرئية عندما تكون الشمس ساطعة ، ولكن المرء يستطيع أن يقدر وضع الشمس التقريبي بعد الشروق أو قبل الغروب بقليل وهكذا فقد تم تعيين مسار الشمس ورسه يوماً بيوم منذ ألف سنة قبل الميلاد .

الالكترون Electron : راجع Elementery particle :

جسيم الأولي Elementary particle :

وهو اصطلاح مبهم نوعاً ما ويشير إلى قطع البناء المختلفه المكونة للمادة ويشير أيضاً إلى ما ينتج من تفاعل هذه القطع مع بعضها . لقد اكتشف في أوائل هذا القرن أن ذرة الهيدروجين تتألف من نواة ثقيلة ذات شحنة موجبة هي البروتون ومن جسيم خفيف مشحون سلباً يدور حولها هو الإلكترون وقد وجد في الذرات الأكثر تعقيداً جسيمات غير مشحونة تشبه البروتون وتتواجد في النواة أيضاً وهي النترونات . لقد جعلت نظرية ديراك مـــا ذكرناه منسجماً مع النسبيـــة الخاصـــة Special relativity ومع نظريـــة الكم quantum theory حيث تتنبـــأ هذه النظريـــة بوجود جسيمات أخرى بحيث أن لكل جسيم جسيماً يساويه في الكتلة ويخالفه في الشحنة ويناظر الإلكترون ، في هذه الحالة ، البوزيترون كما تتنبأ أيضاً بأن قدراً كافياً من الطاقة يمكن أن يشكل هذا الثنائي المذكور أي البوزيترون والإلكترون . إن النظرية النسبية الخاصة تبيح أيضاً وجود جسيمات معدومة الكتلة أهمها النترينو . عندما تتفاعل هذه الجسيمات المختلفة تنتج جسيمات أخرى ذات آجال

قصيرة يلقي وجودها بأعداد كبيرة ظلالاً من الشك ، فيما إذا كانت هذه الجسيمات أولية أم لا . إن بعض هذه الجسيمات خفيف كخفة الإلكترون وبعضها من رتبة ثقل البروتونات وتدعى باريونات . ونظراً لأن الباريونات تحمل تقريباً كل المادة فان عددها يبقى ثابتاً في أي تفاعل . ولما كانت هذه الجسيمات أولية بالافتراض فقط فقد لا تكون أساسية (كما هو الحال بالنسبة للذرات) . وقد وضعت نظريات تقول بأنها مكونة من كيانات أدنى تدعى « كواركات – Quarks » ولكن هذه الكيانات لم تعزل حتى الآن وتكتشف .

الطاقة Energy :

مقدار فيزيائي يعبر عن العمل الذي قام به الجسيم بسبب موقعه « الطاقة الكامنة » أو بسبب حركته « الطاقة الحركية » إن سيارة تقف على هضبة وبحالة التوازن وبسبب تطبيق قوى الكبح عليها تمتلك طاقة كامنة وعندما تزال قوى الكبح تلك تمتلك طاقة حركية تزداد بازدياد السرعة .

مجرة Galaxy :

تجمع كبير من النجوم النائية بما يشبه مجرتنا درب التبانة بصورة عامة ولكنه مستقل عنها وهنالك الملايين من المجرات في الكون المرصود وإن أبعد المجرات تمتلك طيفاً منزاحاً نحو النهاية الحمراء للطيف بمقدار وجد أنه متناسب مع المسافة راجع Red shift .

النسبية العامة General relativity **راجع** : relativity

الحقل الثقالي ، الثقالة (Gravitation) - (Gravitational Field) :

وهو التأثير عن بعد ، (مفترضين وجود قوة ما بين الجسمين

المتجاذبين) ونجد من الأنسب التعبير عن ذلك بوضع أحد الجسمين في حقل قوة الجسم الآخر ، يشار إلى هذا الحقل بالحقل الثقالي .

المرجع العطالي Iner-tial frame of reference: راجع acceleration

الطاقة الحركية Kinetic Energy : راجع Energy

السنة الضوئية Light year :

وهي المسافة التي يقطعها الضوء خلال سنة واحدة حيث يمتلك الضوء سرعة مقدارها ١٨٦,٠٠٠ (٣٠٠ ألف كيلو متر / ثانية) ميل بالثانية ويكافىء ذلك سته ملايين مليون ميل أي ٦×١٠^١٢

الكتلة Mass :

عندما نطبق قوة على جسم فانها تحدث له تسارعاً يتناسب مع القوة ويدعى ثابت التناسب بالكتلة .

مبدأ ماخ Mach's Principle :

وهو تحديد مراجع عطالية ، داخلية ، ومحلية – Internal Frames of reference – حسب توزع المادة البعيدة .

سديم Nebula :

وهو سحابة من غاز منتشر في درب التبانة أو خارجها . أو هو نظام نجمي منفصل على مسافة بعيدة .

النترينو : Neutrino راجع Elementary particle

النترون Neutron راجع Elementary particle

Neutron Star : راجع **النجم** Star :

Elementary Particle راجع : تخلق الأزواج pair - Creation

مسرع الجسيم Particle accelerator :

وهو عبارة عن آلة الغاية منها تسريع تيار من الجسيمات الأولية - elementary particls - كالبروتونـات إلى سرع قريبـة من سرعة الضوء ومن ثم توجيه حزمـة الجسيمات نحو هدف معين كصفيحة فوتوغرافية بقصد ملاحظة التفاعل الحاصل ما بين الجسيمات. إن عملية التسريع هذه تتم عادة على مسار دائري كبير باستخدام حقول كهرطيسية .

الكوكب Planet :

ويتبع نجماً معيناً وبصورة خاصة الشمس أمـا ما يسمى بنجمـة الصبح Morning star أو نجمـة المساء evenineg star فهمـا في الحقيقة عبارة عن كوكب الزهرة ، وهو « مصباح » مـن المـادة الباردة ، كالقمر تعكس أشعة الشمس . وفي الحقيقة فقبل أن يستطيع الجسم اللمعان من تلقاء نفسه يجب أن يكون ذا كتلة كبيرة بما فيه الكفاية (حوالي مائة ضعف كتلة المشتري أو ١/٨ كتلة الشمس) .

Elementary particie : راجع positron

Enegy راجع : **الطاقة الكامنة** po-tential Energy

Elementary Particle راجع : **بروتون** : Pro-ton

النجم النابض : Pulsar :

وهو جسم صغير جداً يصدر اشعاعاً محدداً تردده مرتفع ويحدث ضمن فترة زمنية أدنى من أو يساوي الثانية وبشكل منتظم . إن معظم النجوم النابضة التي تشكل ظاهرة مكتشفة حديثاً تقع ضمن المجرة .

الكوازار : quasar :

وهي اختصار لعبارة quasi – Steller radius source ويعني ذلك مصدر راديوي شبه نجمي وهو صنف من الأجسام السماوية المكتشفة حديثاً التي يمكن أن تصنف حسب انزياح طيفها نحو الأحمر بحيث يظن بأنها واقعة على مسافة شاسعة .

التكميه ونظرية الكم : quantum Theoy – quantization : راجع Acceleration

quark « **كوارك** » : راجع Elementary particle

الإشعاع : Radiation :

وهو اسم شامل لجميع الاصدارات عبر الفضاء الخالي من اشارات لها نفس سرعة الضوء . إن الإشارات الراديوية والأشعة السينية لهما أهمية خاصة تختلف عن الضوء العادي بطول الموجة فقط . إن طيف الاشعاع يتميز بما يحويه من أطوال الموجات المختلفة . ويمتد الطيف المرئي من الأحمر (طول موجة كبير) وحتى البنفسجي (طول موجته قصير) ويطلق على الإشعاع الذي يلي الطيف المرئي بكلا الاتجاهين تحت الأحمر وفوق البنفسجي ، وبالإضافة إلى الإشعاع الكهرطيسي الذي وصفناه تؤكد التجارب الحديثه وجود الإشعاع الثقالي .

الانزياح نحو الأحمر : Red Shift

وهو انتقال الخطوط الطيفية لنجم أو سديم نحو النهاية الحمراء للطيف بسبب مفعول دوبلر (عندما يبتعد الجسم عن المراقب) .

Relativity : النسبية :

ناقشت نظرية النسبية الخاصة لآينشتاين منذ عام ١٩٠٥ سلوك كل ن الضوء والطاقة والمادة في حالة خاصة يتحرك المراقبون فيها بسرعة ابتة وبخط مستقيم بالنسبة لبعضهم . إن حالة وجود مراقب متسارع ، النسبة لمراقب آخر قد تم تغطيتها في النظرية النسبية العامة عام ١٩١٦ لتي درست الثقالة بما يتفق مع النسبية الخاصة .

SchwarzSchild Sphere راجع Critical radius

Special Relativity النسبية الخاصة

spectrum : الطيف : راجع radiation

star : النجم :

كتلة هائلة من الغاز ذات درجة حرارة مركزية كبيرة بما فيه الكفاية لتسريع العمليات النووية التي تنتج اشعاعاً ذا أشكال مختلفة من الطاقة . وحتى قبل معرفة الآلية الدقيقة لهذا التفاعل اقترح أدينغتون علاقة نظرية ما بين كتلة النجم وسطوعيته وقد تم رصد نجوم مختلفة الكتل متغايرة الخصائص ولكن نوعاً واحد من النجوم وهو الأقزام البيض « White dwaf » لم يحقق علاقة الكتلة بالسطوع ويشك بأن هذه النجوم في نهاية حياتها أما كون سطوعها ناتجاً عن بقايا الهيدروجين المتخلف في مناطقها الخارجية فهو أمر يحتاج للبرهان وبدلاً عنه راحت الآن فكرة التقلص الثقالي وهو أن الطاقة الكامنه تنحصر بارتصاص النجم . وفيما لو كانت الأقزام البيض من هذا النوع أم لا فان مثل هذه الطريقة لابد أن تحدث . كما أن الكثافات الداخلية العالية تسبب

اتحاد الإلكترونات مع البروتونات مشكلة النترونات ، وبهذه الطريقة يمكن أن يتشكل النجم النتروني .

علم كون الحالة الثابتة Steady state cosmology

وهو النموذج الكوني الذي وضعه بوندي وغولد وهويل . حيث يفترض بأن الكون بمداه المتسع كان دوماً كما هو الآن . أما ما يحدث فيه من توسع مبرهن عليه فهو نتيجة خلق المادة المستمر .

القزم الأبيض White dwarf. راجع : Star

فهرس







تلك كانت وما تزال نظرة العقل العلمي الى الكون منذ ايام الاغريق الى ايامنا : انه مجموعة قوى اطارها العام زماني ـ مكاني . والاطار هذا بنيان ذاتي مرتبط جوهريا بالقوى يتبدل بتبدلها وتتبدل بتبدله . فالسؤال المطروح كان وما يزال ما الزمان والمكان؟ ما طبيعة هذه القوى ؟ الأجوبة كثيرة يمكن ردها الى ثلاثة هي بمثابة ثلاث مراحل لتطور نظرتنا الى الكون : جواب بطليموس ـ جواب نيوتن ـ وجواب انشتاين . والتقدم الكبير الذي حصل مع انشتاين هو أن القوى الكونية ، طاقات كانت ام اشعاعات ، ليست قائمة بذاتها بل كل منها بالنسبة الى الآخر . وكذلك الزمان ـ المكان . فأي تبدل في أي جزء من اجزاء الكون يبدل معه توازن القوى الكونية وبنيانها .

والسؤال الذي سيبقى معلقا الى ما شاء الله هو : هل يستطيع العقل ان ينفذ حقا الى طبيعة الكون ؟ التقدم مستمر بعد انشتاين وغيره وتبقى طبيعة الكون مع ذلك لغزا .

وهـذا الكتاب يرسم بايجاز وبلغة علمية سهلة مـا حققه العقل العلمي على طريق معرفتنا للكون الذي نعيش فيه .

الطبع وفرز الألوان في مطابع وزارة الثقافة

دمشق ١٩٩١

سعر النسخة داخل القطر
٩٠ ل.س

في الاقطار العربية مايعادل
١٨٠ ل.س